

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Matjaž Bratina

Tehnologija NFC v hladni verigi

DIPLOMSKO DELO

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

MENTOR: doc. dr. Mira Trebar

Ljubljana, 2015

Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina avtorja in Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Za objavljanje ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje avtorja, Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.

Besedilo je oblikovano z urejevalnikom besedil \LaTeX .

Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Tematika naloge:

Potrošniki so soočeni s ponudbo svežih in hitro pokvarljivih živil, katerih kvaliteta je v veliki meri odvisna od okolja in pogojev hranjenja v preskrbovalni verigi. Ustrezna temperatura in vlažnost sta najbolj pomembni v procesih skladiščenja in transporta. Hladna veriga (angl. cold chain) predstavlja niz aktivnosti, ki jih je potrebno zagotoviti za ohranjanje priporočenega temperaturnega območja.

Kandidat naj v diplomi analizira uporabo tehnologije NFC (Near Field Communication) in mobilnih/pametnih naprav za učinkovito in enostavno izvedbo nadzora temperature in vlage. Zasnuje in implementira naj mobilno aplikacijo, ki omogoča nadzor večjega števila zapisovalnikov podatkov NFC (SL13A). Omogočen naj bo takojšnji pregled meritev z analizo rezultatov. Podatki naj se shranjujejo v datoteko .csv na napravi in podatkovno bazo na strežniku za kasnejšo obdelavo in pregled dogajanj v skladišču.

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Spodaj podpisani Matjaž Bratina sem avtor diplomskega dela z naslovom:

Tehnologija NFC v hladni verigi

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom doc. dr. Mire Trebar,
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela,
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela na svetovnem spletu preko univerzitetnega spletnega arhiva.

V Ljubljani, dne 25. septembra 2015

Podpis avtorja:

*Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Miri Trebar za vso pomoč pri izdelavi
diplomske naloge. Zahvala gre tudi moji družini, ki me je podpirala skozi vsa
leta študija.*

Kazalo

Povzetek

Abstract

1	Uvod	1
2	Opis področja	3
2.1	Ročno zapisovanje temperatur	5
2.2	Brezžična senzorska omrežja	5
2.3	Radiofrekvenčna identifikacija - RFID	8
2.4	Komunikacija kratkega dosega - NFC	11
2.5	Označevanje	14
3	Načrtovanje in razvoj aplikacije	17
3.1	Strojna oprema	19
3.1.1	SL13A z notranjim senzorjem temperature	19
3.1.2	SL13A z zunanjim senzorjem vlage	20
3.1.3	SL2 ICS20	21
3.1.4	Pametne naprave NFC (Android)	23
3.1.5	Strežnik	24
3.2	Mobilna aplikacija	24
3.2.1	Inicializacija (INITIALIZE)	25
3.2.2	Nastavitve (SL13A SETTINGS)	26
3.2.3	Pregled meritev (MEASUREMENTS)	32

KAZALO

3.2.4	Vpis kode EPC (WRITE EPC CODE)	38
3.3	Podatkovna baza	41
3.4	Spletna aplikacija	44
4	Nadzor temperature in vlage	51
4.1	Opis procesa	51
4.2	Testiranje	55
4.3	Analiza rezultatov	62
5	Sklepne ugotovitve	67

Seznam uporabljenih kratic

kratica	angleško	slovensko
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory	električno brisljiv programabilni bralni pomnilnik
EPC	Electronic Product Code	elektronska koda izdelka
FEFO	First Expired, First Out	izdaja po roku uporabnosti
GDSN	Global Data Synchronisation Network	globalna sinhronizacija podatkov
GDTI	Global Document Type Identifier	identifikator dokumentov
GIAI	Global Individual Asset Identifier	identifikator individualnih sredstev
GRAI	Global Returnable Asset Identifier	identifikator vračljivih sredstev
GSRN	Global Service Relation Number	identifikator uporabnikov
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Point	analiza tveganja in ugotavljanja kritičnih kontrolnih točk
HF	High Frequency	visoko frekvenčno območje
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Svetovno združenje inženirjev elektronike in elektrotehnike
ISO	International Organization for Standardization	Mednarodna organizacija za standardizacijo
JSON	JavaScript Object Notation	objektna notacija JavaScript
LF	Low Frequency	nizko frekvenčno območje
NFC	Near Field Communication	komunikacija kratkega dosega
PHP	PHP: Hypertext Preprocessor	skriptni programski jezik
RFID	Radio-Frequency Identification	radiofrekvenčna identifikacija
RTC	Real Time Clock	ura realnega časa

KAZALO

SGLN	Serialised Global Location Number	identifikator lokacije
SGTIN	Serialised Global Trade Item Number	identifikator produktov
SMS	Short Message Service	sistem kratkih sporočil
SSCC	Serial Shipping Container Code	zaporedna koda zabojnika
SQL	Structured Query Language	strukturiran povpraševalni jezik
UHF	Ultra High Frequency	zelo visoko frekvenčno območje
WAMP	Windows, Apache, MySQL & PHP	strežnik WAMP
WSN	Wireless Sensor Network	brežžično senzorsko omrežje
QR	Quick Response Code	hitro odzivna koda

Povzetek

Kvaliteta in hranilne vrednosti živil predstavljajo za potrošnika v današnjem času vse večji pomen, saj je vse bolj razširjena ozaveščenost o zdravi prehrani. Zato je zelo pomembno, da so hitro pokvarljiva živila (zamrznjena hrana, morska hrana, meso, vino, sadje, zelenjava itd.) v preskrbovalni verigi ves čas hranjena v primernih pogojih. Cilj diplomskega dela je bil razviti rešitev, katera omogoča enostaven in učinkovit nadzor nad temperaturami in vlago v skladiščih kjer se shranjujejo omenjeni izdelki (hladna veriga). V ta namen so bili izbrani ustrezni zapisovalniki podatkov NFC (SL13A) kateri so bili nameščeni na primerne lokacije v skladišču za izvajanje meritev. Razvita je bila mobilna aplikacija NFC3C za pametne telefone z operacijskim sistemom Android in podprto tehnologijo NFC (Near Field Communication). Aplikacija omogoča komunikacijo z zapisovalniki podatkov ter hiter pregled in shranjevanje zabeleženih meritev v podatkovno bazo. Za postavitve celotnega sistema, testiranje in analizo zajetih podatkov je bila izdelana še spletna aplikacija in podatkovna baza. Rešitev je bila testirana v prostorih podjetja Fonda.si d.o.o v Luciji.

Ključne besede: NFC, Android, hladna veriga, zapisovalnik podatkov, temperatura, vlaga.

Abstract

The quality of food and its nutritional value are of great importance for many customers. It is necessary to store highly perishable foods (such as frozen food, sea food, meat, wine, fruits, vegetables, etc.) in suitable conditions during the whole supply chain. The goal of the thesis was to develop a solution that enables easy and efficient monitoring of temperatures and humidity in warehouses where previously mentioned items are stored (cold chain). NFC data loggers (SL13A) that enable execution of measurements were used and placed in the testing environment. A mobile application for Android smart phones with supported NFC (Near Field Communication) technology was developed. It enables communication with data loggers as well as quick examination and storing of measurements into the database. A web application that enables setting up of the whole monitoring system and further data analysis was also made. Testing of the solution was carried out in a warehouse of the Slovenian company Fonda.si d.o.o. in Lucija.

Keywords: NFC, Android, cold chain, data logger, temperature, humidity.

Poglavje 1

Uvod

Dandanes se pogosto izpostavlja pomen načina pridelave živil, predelave in priprave hrane ter kako vse to vpliva na njihovo kakovost in prehransko vrednost. Vendar se je potrebno zavedati, da je vsaj tako pomemben tudi način shranjevanja živil preden ta pridejo v roke končnemu potrošniku. Pogoji hranjenja v skladiščih namreč močno vplivajo na kvaliteto in rok uporabnosti številnih izdelkov. Med tovrstne izdelke sodijo najrazličnejše vrste sadja in zelenjave, meso, morska hrana (npr. ribe, školjke), zamrznjena živila, vino, mleko in mlečni izdelki. Toda v nevarnosti niso le živila, saj podobno velja tudi za različne farmacevtske produkte (npr. tablete, cepiva, krvna plazma) in še druge izdelke. Vsi tovrstni izdelki morajo biti ves čas proizvodnje, skladiščenja, transporta in prodaje hranjeni v strogo predpisanih pogojih, kar se tiče temperature in vlažnosti, da se ohrani njihova kvaliteta.

Zagotavljanje ustreznih pogojev hranjenja izdelkov pomembno vpliva na njihovo kvaliteto in rok uporabnosti ter posledično na zadovoljstvo končnega potrošnika. Opravljanje meritev se pogosto izvaja ročno z odčitavanjem merilnih naprav in zapisovanjem rezultatov v papirnat obrazec. Takšen način nadzora pogojev je nepraktičen in se pogosto ne izvaja v skladu z zahtevami, ali pa prihaja do napak pri beleženju podatkov. Uporaba naprednih naprav in tehnologij, kot sta recimo RFID (Radio Frequency Identification) ali NFC (Near Field Communication), omogoča njegovo poenostavitev in pohitritev.

V diplomski nalogi je predstavljena rešitev, ki omogoča enostaven nadzor temperature in vlage na poljubni lokaciji. Izbrani so bili ustrezni zapisovalniki podatkov za izvajanje senzorskih meritev (SL13A). Zasnovani in izdelani sta bili mobilna in spletna aplikacija. Prva je bila razvita za pametne naprave z operacijskim sistemom Android, ki podpirajo tehnologijo NFC. Z njo je namreč izvedena komunikacija z zapisovalniki podatkov. Aplikacija omogoča njihovo pripravo za uporabo in nastavljanje parametrov delovanja tako, da kar najbolj ustrezajo potrebam v dani situaciji. Na voljo je tudi zajem, pregled in obravnava izmerjenih meritev. Slednje se lahko shranijo v tekstovno datoteko na napravo ali v podatkovno bazo na strežnik. Nanj je nameščena tudi spletna aplikacija, ki prijavljenemu uporabniku omogoča nadzor nad postavljenim sistemom. Na razpolago je dodajanje oz. odstranjevanje uporabnikov, zapisovalnikov podatkov in lokacij, ter pregled vseh shranjenih meritev v obliki seznama ali grafa.

Poglavje 2

Opis področja

Za zagotavljanje in preverjanje pogojev hranjenja pokvarljivih izdelkov se uporabljajo različne tehnologije in procesi, ki omogočajo beleženje in pregled temperaturnih območij v katerih so se izdelki nahajali vse od same proizvodnje, skladiščenja, transporta in na koncu dostave do končnega uporabnika [15]. Tovrstno preskrbovalno verigo imenujemo tudi temperaturno-nadzorovana veriga oz. hladna veriga (angl. *cold chain*). Pomembno je, da hladna veriga v celotnem procesu ni nikoli prekinjena.

V številnih primerih je, poleg temperature, pomemben tudi nadzor vlage v zraku. V ta namen se uporabljajo različne naprave in senzorji. Zelo pomembno je namreč, da relativna vlažnost ni previsoka, saj več vlage pomeni boljše pogoje za razmnoževanje in širjenje mikroorganizmov in bakterij. Poleg tega izdelki hranjeni v prevlažnem ali presuhem okolju izgubljajo na kvaliteti (kompaktnost, okus, izgled, hitrejše propadanje).

Pri zagotavljanju ustreznih pogojev skladiščenja pokvarljivih izdelkov je potrebno omeniti sistem HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) [4]. Gre za mednarodno sprejet način zagotavljanja varnosti hrane. Omogoča zaznavanje in preprečevanje situacij, ki bi imele negativen vpliv na živila in surovine v živilskem obratu. Vključen je v ISO 22000 standard (International Organization for Standardization), ki je pravzaprav sistem vodenja kakovosti in varnosti živil v vseh fazah preskrbovalne verige. Nabor

priporočil se nanaša na rokovanje z živili, njihovo obdelavo, skladiščenje in pripravo [23]. Prav tako se od zaposlenih zahteva ustrezna usposobljenost za delo z živili ter primerno zdravstveno in higiensko stanje. Določene so tudi splošne higienske zahteve za prostore, delovne površine in opremo, ki se uporablja pri delu s hrano.

Ustrezne inšpekcije zagotavljajo, da vsi, ki se ukvarjajo s pridelovanjem in predelovanjem hrane v prehrambeni industriji (kmetje, živinorejci, gostinci, trgovci itd.), spoštujejo in uresničujejo sedem načel, ki jih narekuje sistem HACCP. Ta načela so [19]:

1. Izvedba analize tveganja za ugotavljanje potencialnih nevarnosti, ki se lahko pojavijo v proizvodnem procesu.
2. Določitev točk v proizvodnem procesu, kjer se bo izvajal nadzor (KKT - kritične kontrolne točke).
3. Določitev kritičnih limit za preventivne mere povezane s KKT (npr. najvišja/najnižja še dovoljena temperatura/vlaga).
4. Vzpostavitev zahtev za nadzor KKT (naprave ali materiale za izvajanje meritev).
5. Definiranje ukrepov ob odstopanju od določenih kritičnih limit.
6. Jasno dokumentiranje vseh postopkov v preskrbovalni verigi.
7. Definiranje postopkov za preverjanje pravilnega delovanja postavljenega sistema HACCP.

Bistvenega pomena je, da so izdelki hranjeni v zahtevanih pogojih v prav vsakem koraku preskrbovalne verige. Že ena neustreznost lahko predstavlja težave za celotno hladno verigo. V primeru, da je hladna veriga prekinjena lahko pride do številnih negativnih posledic na izdelkih, kot so gnitje hrane, sprememba barve in teksture, povečanje števila mikrobov in bakterij ter vse-splošen vpad kvalitete izdelkov. Obstaja več rešitev za ohranjanje neprekinjene hladne verige.

2.1 Ročno zapisovanje temperatur

Najosnovnejši način nadzora temperature prostorov v skladišču oziroma predelovalnem obratu je njeno ročno pregledovanje in nastavljanje hlajenja. V tem primeru so v prostorih nameščeni termometri (slika 2.1), za odčitavanje in beleženje izmerjenih temperatur pa so zadolženi zaposleni delavci. Tak sistem je sicer uporaben, a je postal z razvojem tehnologij neprimeren. Vsako tovrstno opravljanje meritev zaposlenim vzame nekaj časa, hkrati pa lahko pride tudi do človeških napak pri odčitavanju in zapisovanju meritev v ustrezne obrazce in njihovem prepisovanju v elektronsko obliko. Prav tako tudi ni pravega nadzora nad tem kdaj se je meritev dejansko opravila (oz. če se sploh je). Poleg tega se ročno beleženje običajno izvaja samo ob delovnih dneh v delovnem času (ponoči, za vikend in praznike ni nadzora nad temperaturami).



Slika 2.1: Digitalni termometer [11].

2.2 Brežžična senzorska omrežja

Boljša rešitev za nadzor temperatur in vlažnosti v procesu hladne verige se pojavlja v obliki brezžičnih senzorskih omrežij (angl. *Wireless Sensor Network*, WSN). Ta omogočajo enostavnejši in samodejen nadzor nad temperaturami okolja [34]. Vendar omrežja WSN niso omejena zgolj na opravljanje

temperaturnih meritev, saj se poleg tega uporabljajo tudi v vojski (npr. sledenje premikov, zaznavanje kemikalij in kemičnih napadov), medicini (npr. senzorji krvnega pritiska in srčnega utripa pacienta redno pošiljajo meritve preko omrežja zdravniku), v gozdovih za zaznavanje požarov na težko dostopnih lokacijah (npr. vulkan, gore), za zaznavanje poplav itd.

Glavni elementi (vozlišča) teh omrežij so brezžične senzorske naprave (angl. *mote*), ki so postavljene po okolju (prostoru) z namenom izvajanja meritev (temperatura, vlažnost, zračni tlak, gibanje). Število naprav v omrežju je lahko zelo različno in je odvisno od potreb. V primeru zahteve po nadzoru nad temperaturo izdelkov v celotni preskrbovalni verigi je lahko potrebnih tudi več tisoč tovrstnih naprav. Vsaka taka naprava mora podpirati brezžično komunikacijo z ostalimi napravami v omrežju in vsebuje senzorje, mikrokrmilnik, pomnilnik, baterijo in oddajnik/sprejemnik [7]. Senzorske naprave v brezžičnih senzorskih omrežjih v skladiščih opravljajo meritve temperature okolja, izmerjene podatke pa si pošiljajo med seboj vse do ponora (angl. *sink*). Ponor je naprava v omrežju, ki zbira podatke vseh senzorjev in jih obdeluje. V primeru odstopanja izmerjenih vrednosti od predvidenih mora ponor to zabeležiti in ustrezno obravnavati. Ker poteka komunikacija brezžično, ni potrebno, da so naprave v neposrednem medsebojnem vidnem polju. Pomembno pa je, da je takšno omrežje dovolj robustno, da odpoved kakšne izmed naprav omrežja še ne pomeni odpovedi celotnega omrežja. Omrežje mora biti do določene mere odporno na napake in sposobno samostojne ponovne konfiguracije brez človeških posegov.

Naprave dobijo energijo za delovanje iz vgrajene baterije kar pomeni, da imajo omejeno življenjsko dobo [9]. Prav zaradi tega je še toliko bolj bistvena njihova energijska učinkovitost. Pomembno je, da naprave opravljajo meritve in si izmenjujejo podatke le, če je to res potrebno. V nasprotnem primeru se po nepotrebnem troši energija vseh naprav v omrežju. Posamezna senzorska naprava lahko meritve opravlja po vnaprej določenem časovnem intervalu ali pa javlja samo večje spremembe, ki jih zazna v okolju.

Slabost WSN je v omejeni življenjski dobi naprav saj te kot vir napaja-

nja uporabljajo vgrajeno baterijo katere mnogokrat ni mogoče zamenjati ali ponovno napolniti. Zato je potrebno skrbno načrtovanje omrežja in naprav tako, da je njihova poraba energije čim manjša. Potrebno je namreč doseči neprekinjeno delovanje vsaj nekaj mesecev ali celo let. Na lokaciji opravljanja nadzora jih je navadno potrebno veliko, ker pa niso najcenejše je lahko taka rešitev precej draga.

Kot primer obstoječe rešitve, ki za zagotavljanje hladne verige uporablja WSN navajamo ameriško podjetje Monnit [24]. Ponuja namreč ustrezno programsko in strojno opremo za postavitve omrežja senzorjev (slika 2.2), ki omogočajo merjenje temperature, vlage, ogljikovega monoksida, zaznavanje vode in gibanja. Postavitve takega omrežja naj bi bila relativno hitra in enostavna, saj ni potrebe po žičnih povezavah. Komunikacija med posameznimi brezžičnimi elementi je pri najboljših pogojih mogoča tudi na razdalji večji od 60 metrov.

Podjetje ponuja več različnih rešitev katerih funkcionalnosti se med seboj razlikujejo v odvisnosti od cene. Najbolj osnovna programska rešitev (iMonnit Basic) je brezplačna, zato je nabor razpoložljivih funkcij precej okrnjen [20]. Omogoča ustvarjanje zgolj enega uporabniškega profila, nastavitve senzorjev so omejene, onemogočeno je spreminjanje intervala izvajanja senzorskih meritev (privzeto je 20 minut) itd. Zabeležene senzorske meritve se na strežniku lahko hranijo največ 45 dni, nato se pobrišejo. Naprednejše rešitve (npr. iMonnit Premiere) omogočajo hranjenje meritev brez omejitev bodisi na lokalnem sistemu (računalniku) ali v podatkovni bazi na strežniku (pri novejših izvedbah tudi v oblaku). Kadar so izmerjene temperature (oziroma druge količine, ki se merijo) izven predvidenih območij so uporabniki o tem obveščeni v realnem času preko sporočila SMS (Short Message Service) oziroma na elektronski naslov. Priložena programska oprema omogoča tudi samodejno ustvarjanje poročil v zvezi z opravljenimi meritvami.



Slika 2.2: Brezžični senzorji [24].

2.3 Radiofrekvenčna identifikacija - RFID

Ena od naprednejših rešitev v procesu hladne verige je uporaba radiofrekvenčne identifikacije (angl. RFID - *Radio Frequency Identification*). RFID je tehnologija, ki uporablja radiofrekvenčne valove za izmenjavo podatkov med čitalci RFID (angl. *RFID reader*) in značkami (angl. *tags*) s pomočjo zalednega informacijskega sistema [6].

Čitalec RFID je naprava, ki oddaja in sprejema radiofrekvenčne valove in tako komunicira z značko [2]. Na sliki 2.3a je prikazan primer čitalca podjetja Impinj. Nanj so priključene antene (slika 2.3b), ki so različnih vrst in velikosti. Od njih je odvisna razdalja na kateri je komunikacija še možna. Signale, ki jih čitalec prejme, posreduje naprej programski opremi v ustrezno obdelavo.



(a) Primer čitalca RFID.



(b) Različne antene.

Slika 2.3: Čitalec in antene podjetja Impinj [21].

Na drugi strani je značka RFID. To je majhna naprava v glavnem sestavljena iz silicijevega polprevodniškega mikročipa, antene in morebitne baterije. Vse skupaj je zapakirano v embalaže različnih velikosti in oblik. V splošnem lahko značke RFID razdelimo na aktivne (angl. *active*), pasivne (angl. *passive*) in pol-pasivne (angl. *semi-passive*), ki so kombinacija prvih dveh. Aktivne značke potrebujejo za svoje delovanje vir napajanja v obliki vgrajene baterije. Takšne značke so običajno večje in imajo omejeno življenjsko dobo, vendar imajo daljši doomet (nekaj deset metrov). Bolj razširjene so pasivne značke RFID, ki za svoje delovanje ne potrebujejo neposrednega napajanja in so lahko zelo majhne. Sestavljene so iz dveh osnovnih delov: antene in polprevodniškega čipa. Energijo za delovanje dobijo neposredno od čitalca RFID, ki s svojim elektromagnetnim poljem vzbudi značko. Napetost se inducira v anteni in signal se prenese do samega čipa, ki se »zbudi« in začne delovati. Značke in čitalci RFID lahko delujejo na različnih frekvencah, odvisno od potreb kjer se uporabljajo. Možna so štiri območja delovanja: [8]

- nizko frekvenčno območje (LF - Low Frequency, 125-134 kHz);
- visoko frekvenčno območje (HF - High Frequency, 13.56 MHz);

- zelo visoko frekvenčno območje (UHF - Ultra High Frequency, 865-928 MHz);
- območje mikrovalov (2.45 GHz).

Vendar pa ima tehnologija RFID tudi nekaj slabosti na katere je treba biti pozoren. Prihaja namreč do težav z branjem značk RFID oziroma zapisovalnikov podatkov, če so ti obdani z večjo količino tekočine ali kovine [29]. Tekočina namreč absorbira elektromagnetne valove, kovina pa jih odbija. Značka tako od čitalca ne dobi dovolj energije za delovanje, zato branje ni mogoče. Obstajajo sicer posebne značke, ki odpravljajo te težave, vendar so občutno dražje od navadnih in njihova uporaba marsikje ne pride v poštev.

Tehnologija RFID je zelo uporabna v procesu hladne verige, predvsem v skladiščih, saj imajo naprednejše značke poleg funkcije identifikacije objektov tudi zmožnost opravljanja meritev temperatur. Tovrstne značke so polpasivne, kar pomeni, da vgrajeno baterijo uporabljajo samo za beleženje podatkov takrat, ko so aktivirane. Merjenje je samodejno, človeški posegi pa skorajda nepotrebni. Branje značk je namreč možno, četudi le-te niso v neposrednem vidnem polju čitalca. Na podlagi meritev v hladni verigi je mogoče oceniti kvaliteto in rok trajanja posameznih izdelkov in tako poskrbeti, da se izdelki s krajšim rokom trajanja prej odpremijo iz skladišča proti končnemu kupcu (t.i. FEFO – First Expire, First Out). Na ta način se lahko občutno zmanjša količina izdelkov, ki se zavržejo zaradi pretečenega roka uporabe [5]. Tovrstni sistemi za merjenje temperatur so koristni tudi iz vidika prihrankov pri porabi energije. Raziskave namreč kažejo, da so mnoge hladilnice in skladišča hlajeni bolj kot bi bilo potrebno. Če se to pretirano hlajenje zazna in prepreči, se lahko zmanjša poraba energije tudi za 4 odstotke na vsako stopinjo Celzija [12]. Uporaba radiofrekvenčne identifikacije pa ne predstavlja dodane vrednosti samo podjetjem, ampak koristi tudi potrošnikom. Slednji lahko preko aplikacije (če ta obstaja) preverijo v kakšnih pogojih je bil izdelek hranjen in se na podlagi tega odločijo ali bodo izdelek kupili ali ne.

Praktična uporaba tehnologije RFID za tovrstne namene je bila predsta-

vljena in analizirana v projektu RFID from Farm to Fork [10], ki se je izvajal v različnih evropskih državah (Slovenija, Italija, Španija, Anglija). Namen tega projekta je bila demonstracija uporabe RFID na področju sledljivosti v živilski preskrbovalni verigi. V Sloveniji je bila izdelana pilotna rešitev sledljivosti rib z zagotavljanjem hladne verige skozi celotno preskrbovalno verigo.

Proces sledljivosti rib se začne s sprejemom naročil in dnevnim ulovom rib v ribogojnici. Nato sledi tehtanje rib in njihovo sortiranje po velikosti. Ribe se v odvisnosti od naročila pred nadaljevanjem še očistijo. Naslednja faza je pakiranje rib v zaboje iz stiropora, ki so označeni z nalepkami RFID. Nalepke vsebujejo EPC kodo produkta (angl. *Electronic Product Code*) in se natisnejo za vsak zabojnik posebej v začetni fazi sledljivosti. Poleg tega je na nalepki tudi koda QR (Quick Response Code), katera potrošnikom omogoča dostop do spletne strani z informacijami o ribi. Za enolično identifikacijo teh zabojev se uporablja fiksni UHF čitalec RFID in dve anteni, kateri beležita prehajanje zabojnikov v oziroma iz hladilnice. Pred transportom zabojnika se vanj vstavi še zapisovalnik podatkov SL900A. To je EPC global Class 3 Gen2 pol-pasiven podatkovni zapisovalnik za merjenje temperatur. SL900A meri temperaturo od namestitve v zabojnik pa vse dokler le-ta ni dostavljen končnemu potrošniku (konec hladne verige). Tedaj se SL900A odstrani, z mobilnim čitalcem (Nordic ID Morphic RFID Reader) se prebere meritve in se jih shrani v podatkovno bazo na spletnem strežniku. Shranjeni podatki so preko spletne aplikacije dostopni končnemu kupcu. Ogleda si jih lahko na pametnem telefonu na mestu nakupa.

2.4 Komunikacija kratkega dosega - NFC

NFC (Near Field Communication) [30] je komunikacija kratkega dosega, ki deluje na visoki frekvenci 13.56 MHz in se je razvila kot samostojno področje znotraj tehnologije RFID. NFC omogoča enostavno zaznavanje in brezkontaktno komunikacijo med napravami NFC kot so nekateri pametni telefoni,

tablični računalniki in pametne značke. Organizacija NFC Forum določa standarde za komunikacijo, ki jih morajo upoštevati vsi proizvajalci naprav NFC. Glede na delovanje jih razdelimo v dve skupini [1]:

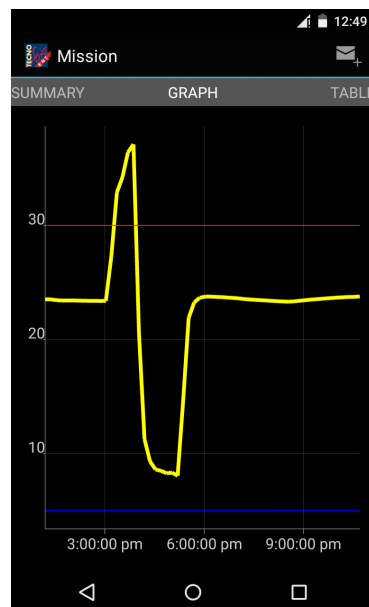
- *Čitalec oz. zapisovalec (angl. Reader)*: aktivna naprava ustvari radiofrekvenčne valove in tako začne komunikacijo z značko. Aktivna naprava lahko bere podatke zapisane na znački ali pa podatke vanjo zapiše.
- *Pametne kartice oz. značke (angl. Smart card, Tag)*: to so pasivne značke NFC, ki niso pobudniki komunikacije. Ne pišejo ali berejo informacij iz drugih naprav, temveč ob zahtevi zgolj posredujejo podatke, ki jih imajo zapisane v svojem pomnilniku.

RFID in NFC se med seboj razlikujeta v nekaj pogledih [28]. Ena od razlik je že pri načinu komunikacije. RFID omogoča identifikacijo objektov samo z enosmerno komunikacijo, medtem ko NFC poleg tega omogoča tudi dinamično izmenjavo podatkov med napravami (dvosmerna komunikacija). Naslednja razlika je v razdalji na kateri je branje značk možno. Komunikacija je pri RFID v določenih primerih mogoča na razdalji do nekaj deset metrov, pri NFC pa je ta precej krajša, zgolj do okrog 10 cm. Vendar je posledica tega boljša varnostna zaščita. Razlika med tehnologijama se pojavi tudi pri sočasnem branju večjega števila značk naenkrat. Tehnologija RFID to omogoča, NFC pa ne.

Tehnologija NFC se je pokazala kot zelo koristna v procesu hladne verige, saj nekatere značke vsebujejo senzorje za merjenje temperature in drugih lastnosti okolja (vlažnost, osvetljenost). Tovrstnim zapisovalnikom podatkov (angl. *data logger*) je mogoče nastaviti interval merjenja temperatur (vsakih n sekund, minut ali ur). To so pol-pasivni zapisovalniki podatkov, kar pomeni, da energijo za delovanje dobijo bodisi iz vgrajene baterije (izvajanje in shranjevanje meritev), ali pa iz elektromagnetnega polja, ki ga ustvari čitalec (nastavljanje parametrov in branje podatkov iz spomina). Zapisovalnike podatkov lahko postavimo tudi v zabojnike kjer se temperatura izmeri neposredno na izdelkih in ne samo v okolju.



(a) TecnoSoft zapisovalnik podatkov.



(b) Graf temperatur.

Slika 2.4: TecnoSoft rešitev.

Z uporabo ustreznih mobilnih aplikacij je omogočeno nastavljanje različnih funkcionalnosti zapisovalnika, pregled opravljenih meritev in njihovo shranjevanje v podatkovno bazo. Poleg tega je možno tudi sprotno zaznavanje in javljanje nepravilnosti (npr. prenizka temperatura).

Na voljo so različne rešitve, ki uporabljajo tehnologijo NFC za nadzor temperatur. Eno izmed takšnih smo preizkusili tudi sami. Testirali smo podatkovni zapisovalnik (slika 2.4a) in aplikacijo italijanskega podjetja TecnoSoft [31]. Ta rešitev je namenjena predvsem nadzoru temperatur ob prevozu izdelkov, zato je modul praktično zapakiran v zaščitno embalažo. Na voljo sta plačljiva in brezplačna različica aplikacije. Slednja ima seveda precej okrnjene funkcionalnosti.

Aplikacija Temp NFC pred začetkom zagona zapisovalnika omogoča nastavitev časovnega intervala merjenja temperature in točnega datuma pričetka (konca) beleženja meritev. Poleg tega se določi še temperaturne limite. To so najvišje oziroma najnižje dovoljene vrednosti temperature. Če so slednje

prekoračene nas aplikacija na to jasno opozori ob prvem naslednjem branju zapisovalnika. Vse zabeležene temperature, skupaj s časovnimi zaznamki, so na voljo v obliki seznama ali grafa. Graf, ki je nastal ob našem testiranju, je prikazan na sliki 2.4b. Zapisovalnik podatkov je bil namenoma izpostavljen različnim temperaturam. Temperature so za nekaj časa presegle največjo dovoljeno temperaturo (30°C, rdeča črta). To se je zgodilo, ko je bil zapisovalnik podatkov postavljen na sonce. Po drugi strani pa se temperature niso nikoli spustile pod najnižjo dovoljeno temperaturo (5°C, modra črta). Tako graf kot seznam meritev se shrani v datoteki formata pdf. Z registracijo uporabnika je omogočeno shranjevanje meritev v oblak.

V hladni verigi obstaja tudi možnost sočasne uporabe vseh različnih tehnologij: RFID, NFC in WSN. V skladiščih je ponekod postavljeno brezžično senzorsko omrežje za merjenje temperatur, ki pa ne omogoča identifikacije in sledenja izdelkov v preskrbovalni verigi. Tukaj pride v poštev tehnologija RFID, ki deluje v UHF frekvenčnem območju. Z njo se zagotovi identifikacija in nadzor premikov izdelkov, senzorske naprave v WSN pa izvajajo meritve temperature. V WSN naprave za delovanje najpogosteje uporabljajo protokol ZigBee (IEEE 802.15.4) ali Bluetooth (802.11). Oba izkoriščata visokofrekvenčne radijske valove na frekvenčnem območju 2.4 - 2.485 GHz. UHF značke RFID delujejo na frekvenčnem območju 865 - 928 MHz, naprave NFC pa na visoki frekvenci 13.56 MHz, zato ne prihaja do interferenc med posameznimi napravami RFID/NFC in WSN.

2.5 Označevanje

Zagotavljanje ustreznega načina označevanja je za učinkovito uporabo naprednih tehnologij v gospodarstvu bistvenega pomena. Obstajajo različne organizacije, ki uveljavljajo globalne standarde, kateri narekujejo enotna pravila uporabe povsod po svetu. Njihova uporaba je pomembna iz vidika sodelovanja med podjetji in njihovega uspešnega poslovanja. Za povečanje učinkovitosti preskrbovalne verige in izmenjave informacij so pomembni stan-

dardi označevanja GS1 v povezavi z EPC (Electronic Product Code).

GS1 je neprofitna mednarodna organizacija, ki se osredotoča na razvijanje, implementacijo in uveljavljanje različnih standardov na področju identifikacije, zajema in širjenja informacij [16]. Ti standardi omogočajo lažje poslovanje, logistiko, transport in povečujejo učinkovitost preskrbovalne verige in trgovanja nasploh. Omogočajo enostavno in enolično identifikacijo posameznih izdelkov, pošilk, lokacij, delovnih naprav, uporabnikov itd. Z uveljavitvijo enotnih standardov se poenostavi delo organizacij na vseh korakih preskrbovalne verige (proizvodnja, skladiščenje, transport, prodaja). Za večjo učinkovitost preskrbovalne verige ponuja organizacija GS1 standarde kot so črtne kode, kode EPC v povezavi s tehnologijo RFID, standardi za elektronsko izmenjavo podatkov in globalno sinhronizacijo podatkov (angl. *Global Data Synchronisation Network*, GDSN). Za potrebe te diplomske naloge so predvsem pomembni EPCglobal standardi, ki povezujejo tehnologijo RFID/NFC in sistem označevanja EPC [17].

EPC je univerzalni elektronski identifikator, ki izbranim fizičnim objektom dodeli edinstvene alfanumerične vrednosti po katerih se objekti ločujejo med seboj [18]. Kode EPC so zapisane v pomnilniku naprav in značk NFC. Uporabljajo se predvsem v poslovnih procesih, kjer lahko tovrstna identifikacija objektov močno izboljša poslovanje in zagotavlja sledljivost (npr. prehrambena preskrbovalna veriga, hladna veriga, sledenje farmacevtskim izdelkom itd.). Z združitvijo označevanja EPC in standardov, lahko z GS1 identifikacijskimi ključi posamezne objekte razvrstimo v nekaj kategorij [13]:

- Ključ GSRN (Global Service Relation Number) določa uporabnika storitve.
- Ključ GRAI (Global Returnable Asset Identifier) označuje vsa uporabljena sredstva.
- Ključ SGLN (Serialised Global Location Number) je namenjen označevanju lokacije.
- Ključ SGTIN (Serialised Global Trade Item Number) označuje pro-

dukte.

- Ključ GDTI (Global Document Type Identifier) enolično določa dokumente.
- Ključ SSCC (Serial Shipping Container Code) definira logistično enoto.
- Ključ GIAI (Global Individual Asset Identifier) predstavlja stalna sredstva.

Poglavje 3

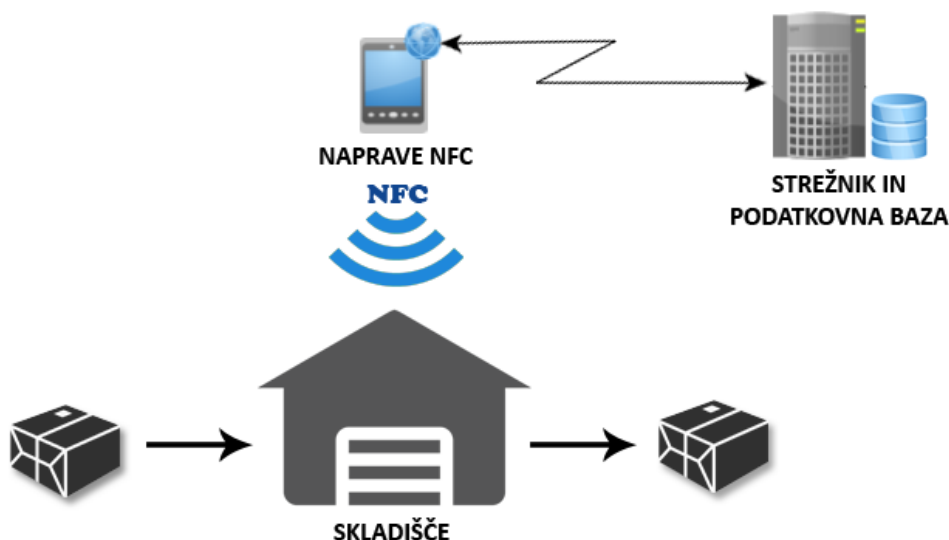
Načrtovanje in razvoj aplikacije

Z uporabo tehnologije NFC in pametnih telefonov želimo razviti sistem, ki bo omogočal nadzor temperature in vlage na izbranih lokacijah. Pri tem imamo v mislih predvsem zagotavljanje nadzora v prostorih (skladišča, hladilnice, predelovalni obrati), kjer se shranjujejo in obdelujejo hitro pokvarljivi izdelki, kot so živila oziroma hrana (hladna veriga). Previsoke ali prenizke temperature in vlažnost zraka lahko namreč resno vplivajo na zmanjšano kvaliteto teh izdelkov.

Slika 3.1 prikazuje sistem za izvajanje hladne verige v obdobju skladiščenja izdelkov. Za uresničitev postavljenega cilja je potrebno uporabiti ustrezno strojno in programsko opremo. V skladišču morajo biti nameščeni zapisovalniki podatkov SL13A, ki omogočajo enostavno izvajanje meritev (temperature in vlage). Z njihovo uporabo se meritve opravljajo samodejno, človeški posegi so pri tem majhni. Zapisovalniki so v skladišču postavljeni na večih različnih mestih, saj se na ta način zagotovi boljši nadzor skladiščenja. Zato je pomembno, da se pred dejansko namestitvijo teh merilnih naprav na lokaciji opravi pregled razporeditve prostorov in se določi najprimernejša mesta za opravljanje meritev. Eno takšnih mest je zagotovo hladilnica, kjer se izdelki hranijo dlje časa in zato lahko neustrezni temperaturni pogoji močno vplivajo na poslabšanje njihove kakovosti. Meritve se morajo opravljati tudi v prostorih, kjer se izdelke predeluje oziroma pripravlja na skladiščenje.

Poleg zapisovalnikov podatkov se uporabljajo tudi NFC kartice SL2 ICS20. Služijo za enostavno in hitro označevanje lokacije opravljanja meritev, kot tudi za identifikacijo izvajalca meritev (uporabnik, zaposleni delavec). Kartice so namenjene označevanju lokacij in so nameščene na vhodu v prostor, uporabniške kartice pa nosi vsak zaposleni s seboj.

Pomemben del strojne opreme, ki jo uporablja izvajalec meritev so tudi pametne naprave (telefoni, tablični računalniki), katere podpirajo tehnologijo komunikacije kratkega dosega (NFC). Uporabljajo se v skladišču za komunikacijo s karticami SL2 ICS20 in zapisovalniki podatkov SL13A.



Slika 3.1: Sistem za nadzor temperatur.

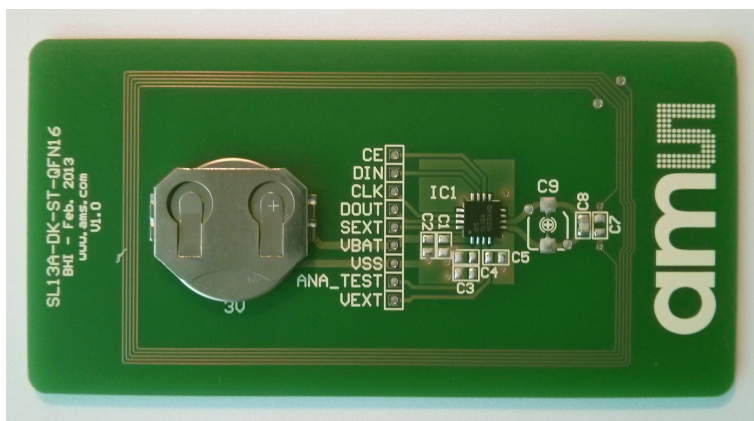
Uporabnik pri procesu nadzora uporablja mobilno aplikacijo, katera je nameščena na pametne telefone oziroma tablične računalnike. Ta omogoča pregled meritev hladne verige, nastavljanje parametrov SL13A ter branje in shranjevanje opravljenih meritev. Na lokaciji je potrebno zagotoviti dostop do spletnega strežnika z mobilno aplikacijo. To se izvede bodisi preko brezžične internetne povezave ali preko mobilnega podatkovnega omrežja. Na strežniku je nameščena spletna aplikacija, katera administratorju sistema

nudi upravljanje in nadzor nad postavljenim sistemom (dodajanje uporabnikov, lokacij, zapisovalnikov, pregled meritev itd.). Na njem teče tudi spletna storitev napisana v programskem jeziku PHP (PHP: Hypertext Preprocessor), ki omogoča prijavo registriranih uporabnikov v mobilno aplikacijo ter branje in shranjevanje izmerjenih meritev v podatkovno bazo. Vse shranjene meritve se lahko zapišejo v tekstovno datoteko formata CSV in shranijo na pametno napravo. Tako so na voljo za nadaljnjo obdelavo na računalnikih.

3.1 Strojna oprema

3.1.1 SL13A z notranjim senzorjem temperature

Za opravljanje meritev temperatur se uporabljajo NFC zapisovalniki podatkov (angl. *data logger*). Primer takšnega je ISO 15693 standardiziran zapisovalnik podatkov SL13A (slika 3.2). Deluje lahko v pol-pasivnem ali pasivnem načinu [27]. V prvem primeru energijo za delovanje dobi iz vgrajene baterije, v drugem pa preko elektromagnetnega polja naprave NFC oz. čitalca RFID v bližini. Vgrajen ima temperaturni senzor, ki omogoča merjenje temperatur na območju od -40°C do $+110^{\circ}\text{C}$. Električno brisljiv programabilni bralni pomnilnik (angl. *electrically erasable programmable read-only memory*, EEPROM) velikosti 8k-bit omogoča hranjenje do največ 762 tovrstnih temperaturnih meritev. EEPROM je razdeljen na bloke velikosti 32 bit in je organiziran na 3 dele (sistemski del, uporabniški del in del za meritve). Velikost sistema del pomnilnika je fiksna in uporabnik do njega lahko dostopa le s posebnimi ukazi. Uporabniku je na voljo 256 pomnilniških blokov. Sam določi koliko prvih blokov bo namenjenih shranjevanju poljubnih podatkov, preostanek pa je namenjen shranjevanju meritev.



Slika 3.2: Podatkovni zapisovalnik SL13A - beleženje temperatur.

SL13A deluje v visokem frekvenčnem območju 13.56 MHz (angl. *High Frequency*, HF). Čip vsebuje tudi uro realnega časa (angl. *Real-time clock*, RTC), katera omogoča proženje meritev glede na določen interval. Podpira priključitev še enega senzorja, vendar vgrajen temperaturni senzor in morebiten dodaten senzor ne moreta delovati istočasno. SL13A omogoča številne nastavitve s katerimi prilagajamo njegovo delovanje odvisno od potreb. Nastavimo lahko:

- Način delovanja.
- Način shranjevanja meritev v pomnilnik.
- Časovni interval za izvajanje meritev.
- Zgornje in spodnje limite.
- Zakasnitev beleženja meritev.
- Izbira notranjega ali zunanjega senzorja.

3.1.2 SL13A z zunanjim senzorjem vlage

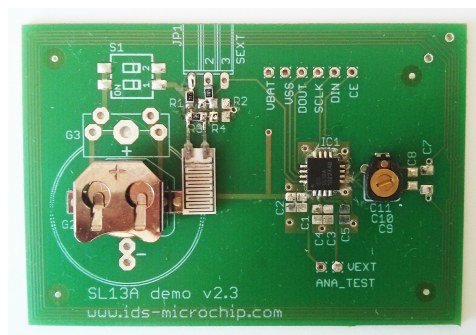
Za nadzor vlage je modulu SL13A dodan zunanji senzor EMD-4000 (slika 3.3a). To je majhen senzor dimenzij 20.3mm x 5.08mm x 1.52mm, izdelan v

podjetju General Eastern [26]. Omogoča pridobivanje podatkov za izračun relativne vlage v zraku na intervalu od 20% do 95%, s točnostjo $\pm 5\%$ (izboljšan model $\pm 3\%$). Prenese temperature okolja od -40°C do 85°C , vendar je njegovo delovanje najbolj točno na območju med 5°C in 60°C .

Relativna vlažnost se izmeri glede na spremembo upornosti senzorja do katere pride zaradi absorbcije vodne pare iz zraka na njegovo površino. Več vlage kot se absorbira, nižja je upornost senzorja. Na podlagi izmerjene upornosti (oziroma električne napetosti) in temperature okolja se nato izračuna relativno vlažnost zraka.



(a) Senzor vlage EMD-4000 [26].



(b) SL13A s senzorjem EMD-4000.

Slika 3.3: Senzor vlage EMD-4000 in podatkovni zapisovalnik SL13A - beleženje napetosti za izračun relativne vlage.

SL13A ob izvajanju meritev vlage v pomnilnik ne shranjuje dejanskih vrednosti relativne vlage v odstotkih, temveč le celoštevilске vrednosti iz intervala 0 do 1023. S kasnejšo programsko obdelavo se te vrednosti pretvorijo v podatke o napetosti na senzorju (v Voltih), kateri so potrebni za nadaljne izračune relativne vlažnosti.

3.1.3 SL2 ICS20

Za hitro in enostavno prijavo uporabnikov v aplikacijo in za hranjenje podatkov o lokaciji skladišča se uporabljajo NFC pametne kartice SL2 ICS20 (slika 3.4) [25]. Uporaba pametnih kartic pohitri proces identifikacije upo-

rabnikov, poleg tega pa v aplikaciji ni potrebe po vpisovanju uporabniških imen ali gesel. Kartice so ISO/IEC 15693 standardizirane, pasivne in delujejo na frekvenci 13.56 MHz. Energijo za pošiljanje podatkov, ki jih vsebujejo, pridobijo iz magnetnega polja naprave s katero se opravlja branje (telefon, čitalec).



Slika 3.4: Pametne kartice SL2 ICS20.

Vgrajen imajo EEPROM pomnilnik velikosti 1024 bitov, ki omogoča okoli 100000 pisanj. Organizacija pomnilnika je prikazana na sliki 3.5. Razdeljen je na 32 blokov od katerih je vsak velik 32 bitov (4 bajte). Uporabniku je namenjenih 28 blokov, ker v prve štiri bloke že proizvajalec zapiše fiksne podatke. V prvih dveh blokih se nahaja identifikacijska številka značke (unique identifier, UID). V naslednjem je zapis EAS (Electronic Article Surveillance), ki omogoča preprečevanje kraje izdelkov (npr. iz trgovine). Nameščen čitalec na vratih zazna, da je EAS omogočen (ustrezen bit postavljen na 1) in posledica tega je sprožen alarm. Podobno se v varnostne namene uporablja tudi AFI (Application Family Identifier) s katerim se lahko bolj natančno določi, kdaj in za katere izdelke se bo alarm aktiviral in za katere ne. Sledi še bajt DSFID (Data Storage Format Identifier) kateri vsebuje podatke o strukturi pomnilnika kartice. Četrty blok z oznako "Write Access Conditions" določa v

katere od 28 blokov namenjenih uporabniku lahko ta tudi dejansko piše in katere lahko zgolj bere. Vsak izmed 32 bitov predstavlja enega od pomnilniških blokov (v zaporedju). Če je posamezen bit postavljen na 0 to pomeni, da je do pomnilniškega bloka, ki ga bit predstavlja, mogoče opraviti tako bralni kot pisalni dostop. V primeru vrednosti bita 1 je omogočeno samo branje.

	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	
Block -4	UID0	UID1	UID2	UID3	Unique Identifier (lower bytes)
Block -3	UID4	UID5	UID6	UID7	Unique Identifier (higher bytes)
Block -2	Internally used	EAS	AFI	DSFID	EAS, AFI, DSFID
Block -1	00	00	00	00	Write Access Conditions
Block 0	x	x	x	x	User Data
Block 1	x	x	x	x	
	...				
Block 26	x	x	x	x	User Data
Block 27	x	x	x	x	

Slika 3.5: Organizacija pomnilnika EEPROM [25].

3.1.4 Pametne naprave NFC (Android)

Za komunikacijo s karticami in zapisovalniki podatkov je potrebno uporabiti pametne naprave (telefone, tablične računalnike) z operacijskim sistemom Android, ki podpirajo tehnologijo komunikacije kratkega dosega (NFC). Tovrstne naprave so dandanes dokaj razširjene, zato je njihova uporaba smiselna. Nanje je nameščena mobilna aplikacija, ki omogoča enostavno komunikacijo med napravami.

Operacijski sistem Android, produkt podjetja Google, je trenutno najbolj razširjen mobilni operacijski sistem [3]. Temelji na odprtokodni različici jedra Linux (angl. *Linux kernel*) in je zasnovan posebej za naprave z zaslonom na dotik. Dobra dokumentacija in razvojna okolja (Eclipse in Android SDK) omogočajo relativno enostaven razvoj mobilnih aplikacij, ki so napisane v programskem jeziku Java in so na voljo v spletni trgovini Google Play.

Pri načrtovanju, razvoju in testiranju sistema je bil uporabljen pametni telefon LG Nexus 4 [22] z operacijskim sistemom Android 5.1.1 (Lollipop).

Dimenzije naprave so 133.9 x 68.7 x 9.1 mm, teža je 139 g. Glavni pomnilnik velikosti 16 GB in procesor Snapdragon S4 Pro (2 GB RAM) zagotavljata hitro delovanje aplikacije. Dostop do spletnega strežnika znotraj aplikacije omogoča tehnologija Wi-Fi 802.11 a/b/g/n ali mobilno podatkovno omrežje 3G.

3.1.5 Strežnik

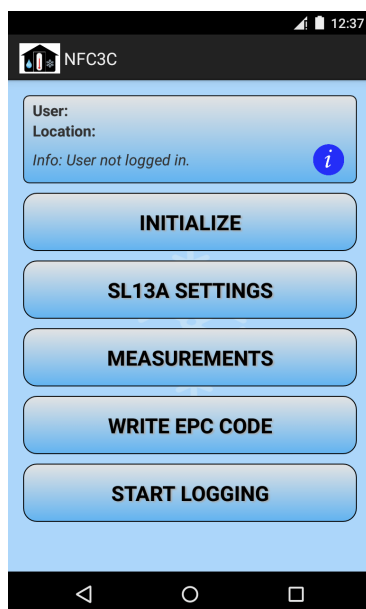
Med razvojem mobilne in spletne aplikacije smo uporabljali lokalni spletni strežnik nameščen na domačem namiznem računalniku. Za to je bila uporabljena zastojna platforma WAMP (Windows, Apache, MySQL & PHP) [33], ki omogoča razvoj spletnih aplikacij na operacijskem sistemu Windows z uporabo PHP, strežnika Apache in podatkovne baze MySQL. Po končanem razvoju in osnovnih preverjanjih delovanja aplikacij in pred testiranjem v realnem okolju, sta bili končna spletna aplikacija in podatkovna baza nameščeni na strežnik GlassFish na Fakulteti za računalništvo in informatiko. To je brezplačen, odprtokodni aplikacijski strežnik last podjetja Oracle. Podatki so na njemu shranjeni v relacijski podatkovni bazi MySQL.

3.2 Mobilna aplikacija

Mobilna aplikacija je namenjena izvajalcu meritev v procesu hladne verige. Namesti se na pametni telefon ali tablični računalnik in je zasnovana tako, da je njena uporaba čim bolj enostavna, pregledna in učinkovita. Vključuje pet glavnih funkcionalnosti, ki se prikažejo na vstopni strani (slika 3.6):

- INITIALIZE - priprava SL13A na izvedbo merilnega postopka. V primeru, da je SL13A aktiven, se postavi v pasivno stanje, iz pomnilnika se pobrišejo vse meritve, števec meritev se postavi na nič in opravi se rezervacija treh pomnilniških blokov, ki so namenjeni zapisu kode EPC.
- SL13A SETTINGS - določanje nastavitve SL13A tako, da ustrezajo potrebam v dani situaciji.

- MEASUREMENTS - izvedba branja, shranjevanja in pregled meritev, ki so shranjene v strežniški podatkovni bazi.
- WRITE EPC CODE - zapis kod EPC na pametne značke in zapisovalnike SL13A.
- START LOGGING - začetek procesa nadzora temperatur. Ob tem zapisovalnik podatkov preide iz pasivnega stanja v aktivno in začne z beleženjem meritev.



Slika 3.6: Vstopna stran aplikacije.

3.2.1 Inicializacija (INITIALIZE)

Z inicializacijo se SL13A pripravi na nov cikel izvajanja in shranjevanja meritev. Potrebno jo je izvesti pred vpisom novih ali spreminjanjem obstoječih nastavitev. Ob prvi uporabi se v pomnilniku izvrši rezervacija treh blokov za zapis kode EPC. Sledi brisanje preostalih 253 blokov in števca meritev. Ko je mobilna naprava približana k SL13A, se ob kliku na gumb INITIALIZE izvede naslednji postopek:

Korak 1. Ali je SL13A aktiven?

NE: SL13A ostane v nespremenjenem (pasivnem) stanju.

DA: SL13A se postavi v pasivno (neaktivno) stanje. To pomeni, da sedaj ne opravlja več meritev v predvidenih časovnih intervalih.

Korak 2. Ali so rezervirani trije pomnilniški bloki, ki niso namenjeni shranjevanju meritev?

NE: Rezervirajo se trije pomnilniški bloki za zapis kode EPC.

DA: Ni aktivnosti.

Korak 3. V vseh 253 pomnilniških blokov zapisovalnika se ne glede na njihovo vsebino pišejo ničle. Na ta način se pobrišejo do tedaj shranjene meritve.

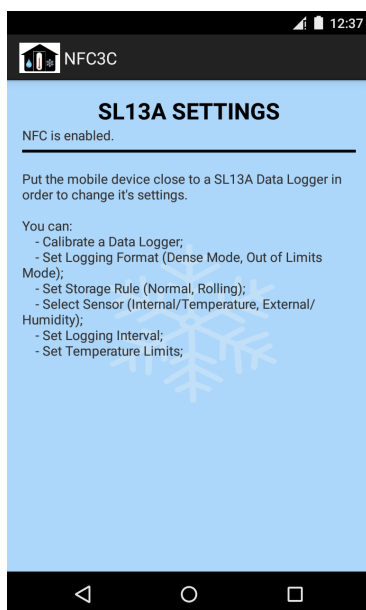
Korak 4. Števec meritev se postavi na nič.

3.2.2 Nastavitve (SL13A SETTINGS)

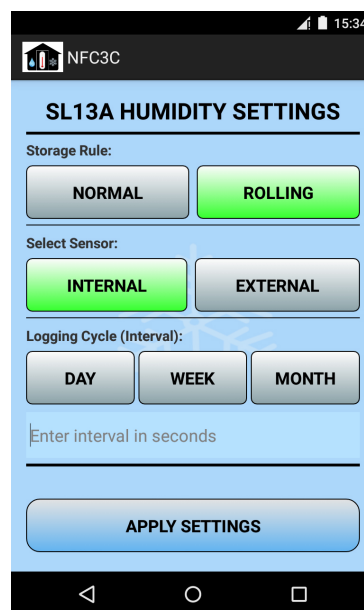
Določanje nastavitvev in parametrov, ki jih SL13A omogoča je pomembno za njegovo učinkovito uporabo v hladni verigi. Postopek spreminjanja nastavitvev je zelo preprost. Najprej se uporabniku prikaže zaslon s kratkimi navodili in opisi nastavitvev (slika 3.7a), nato se mobilno napravo približa modulu SL13A. Aplikacija samodejno ugotovi, ali je bil zaznan zapisovalnik temperature ali vlage. V odvisnosti od tega se nato odpre novo okno, ki se razlikuje za oba omenjena primera. Primer za zapisovalnik meritev vlage je na sliki 3.7b, za temperaturo pa na slikah 3.8a in 3.8b. Iz slik je razvidno, da modul za merjenje vlage ne omogoča nastavitve limit in načina delovanja Out of Limits (privzeto je Dense). Prav tako v tem primeru ni možnosti kalibracije saj ta na senzor vlage nima vpliva.

Iz zapisovalnika se preberejo njegove trenutne nastavitve in se prikažejo na zaslonu. Numerični podatki o nastavljenih limitah in intervalu beleženja se zapišejo v vnosna polja, ostali parametri pa se obarvajo zeleno (npr. na sliki 3.8a je izbran način delovanja Dense Mode, način shranjevanja je Rolling, uporablja se notranji senzor). Na ta način se uporabniku jasno sporoči kako so trenutno nastavljeni posamezni parametri SL13A tako, da se lažje odloči katere vrednosti bo spremenil. Za spremembo nastavitvev se zgolj označi

želeno vrednosti, ponovno približa mobilno napravo k SL13A ter pritisne gumb APPLY SETTINGS. V primeru, da niso vnesene vse zahtevane vrednosti (limite, interval beleženja) se proces ne izvede, uporabnik pa je o tem obveščen s pojavnim oknom.



(a) Uvod v nastavitve.



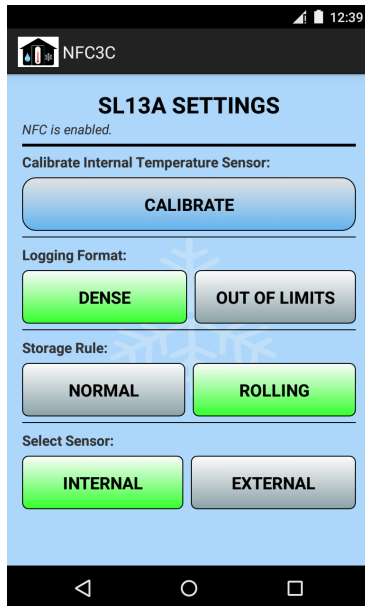
(b) Nastavitve - vlaga.

Slika 3.7: Nastavitve delovanja SL13A.

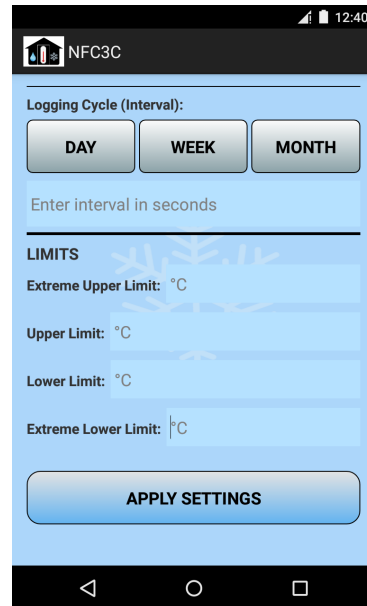
Razlaga nastavitev:

- **Kalibracija (Calibrate):** preverjanje in nastavljanje podatkov internega senzorja, da se izmeri pravilna vrednost temperature.
- **Načini delovanja (Logging Mode):**
 - *Dense Mode (DM):* shranijo se vse opravljene meritve.
 - *Out of Limits Mode (OLM):* shranijo se samo meritve, ki so presegle dovoljene meje (limite).
- **Način shranjevanja (Storage Rule):**
 - *Normal:* ko je pomnilnik zapolnjen z meritvami se le-te ne prepisejo.

- *Rolling*: ko je pomnilnik zapolnjen se stare meritve krožno prepisujejo z novimi.



(a)



(b)

Slika 3.8: Nastavitve delovanja SL13A - temperatura.

- **Izbira senzorja (Select Sensor):**

- *Notranji (Internal)*: uporabi se notranji temperaturni senzor.
- *Zunanji (External)*: uporabi se zunanji senzor.

- **Interval beleženja (Set log interval):** pove časovni interval zapisovanja meritev v sekundah. Izbere se lahko dnevni (DAY), tedenski (WEEK) ali mesečni (MONTH) režim izvajanja meritev. Poleg tega pa se lahko nastavi poljuben interval beleženja v sekundah iz območja [1,32766].

- **Limite (Limits):** uporabljajo se v načinu Out of Limits. V pomnilnik se shranijo samo tiste temperaturne meritve, ki so izven območja spodnje in zgornje limite.

- Skrajna zgornja limita (Extreme Upper Limit)

- Zgornja limita (Upper Limit)
- Spodnja limita (Lower Limit)
- Skrajna spodnja limita (Extreme Lower Limit)

3.2.2.1 Kalibracija

Pri kalibraciji se nastavi kalibracijske vrednosti notranjega senzorja tako, da se izmeri pravilna vrednost temperature. Potrebna je ob vsaki menjavi baterije, nanaša pa se samo na notranji temperaturni senzor (na zunanjega nima vpliva). Če se kalibracija ne izvede so izmerjene in shranjene temperature različne od dejanskih temperatur zraka. Proces kalibracije poteka v naslednjih korakih:

Korak 1. Pametni telefon približamo zapisovalniku podatkov SL13A in pritisnemo gumb CALIBRATE.

Korak 2. Ali je SL13A v aktivnem stanju?

DA: Kalibracija ni mogoča (uporabnika se o tem obvesti s pojavnim oknom).
Proces se tu zaključi.

NE: Kalibracija se lahko izvede (nadaljuj na korak 3).

Korak 3. Izvedba kalibracije z uporabo dveh ukazov zapisovalnika SL13A [27]:

Get Calibration Data Command: Ob uspešno izvedenem ukazu SL13A pametnemu telefonu vrne 32 bitov informacije za nastavitve kalibracijskih vrednosti temperaturnega senzorja (Internal Calibration Data). Teh 32 bitov je potrebnih za izvedbo še drugega ukaza za kalibracijo.

Set Internal Calibration Data Command: Uspešno izveden ukaz v SL13A nastavi ustrezne kalibracijske vrednosti tako, da je delovanje temperaturnega senzorja ponovno ustrezno glede na tovarniško definirane nastavitve..

3.2.2.2 Formati zapisovanja

Pomnilnik SL13A je razdeljen na $p = 256$ 32 bitnih pomnilniških blokov, vendar so trije od teh namenjeni za shranjevanje kode EPC ($p_{EPC} = 3$). Tako za shranjevanje meritev ostane $p_m = 253$ pomnilniških blokov.

SL13A omogoča dva formata zapisovanja meritev v pomnilnik: Dense Mode (DM) in Out of Limits Mode (OLM). Oba načina določata kako bodo meritve shranjene v pomnilniku. Med seboj se razlikujeta v tem, da se v načinu Dense Mode shranijo vse izmerjene meritve, v načinu Out of Limits pa le tiste, ki so izven vnaprej določenega območja (zgornja in spodnja meja). V načinu Dense Mode lahko v en pomnilniški blok shranimo 3 meritve, kar znese največ $MAX_{DM} = 759$ meritev. Pri načinu Out of Limits pa je drugače, saj je tu v vsakem pomnilniškem bloku lahko zapisana največ ena vrednost meritve (zraven je zapisana še njena zaporedna številka). Tako lahko v tem načinu delovanja shranimo največ $MAX_{OLM} = p_m = 253$ meritev.

3.2.2.3 Cikli uporabe

Aplikacija omogoča nastavitve treh ciklov uporabe zapisovalnika podatkov: dnevni (DC), tedenski (TC) in mesečni (MC) cikel. En cikel uporabe predstavlja čas izvajanja meritev od inicializacije SL13A ter vse do zapolnitve pomnilnika z meritvami. Ob začetku vsakega novega cikla je potrebno zapisovalnik inicializirati in ga tako pripraviti za ponovno uporabo.

Vsak izbran cikel zahteva drugačen časovni interval za opravljanje meritev (t.j. na koliko sekund je potrebno opraviti meritve, da bo ob koncu cikla pomnilnik povsem zapolnjen s podatki in ob tem ne bo prišlo do njihovih izgub zaradi prepisovanja ali pomanjkanja prostora za shranjevanje). Intervali so izračunani za vsak način delovanja zapisovalnika posebej (Dense Mode in Out of Limits Mode). Ker se pri načinu Dense Mode opravljenih meritev vedno shrani v pomnilnik je lahko naenkrat shranjenih največ 759 meritev (MAX_{DM}). Intervali so izračunani tako da se dolžina dneva ($t_D = 86400s$), tedna ($t_T = 604800s$) oziroma meseca (31 dni, $t_M = 2592000s$) v sekundah deli z MAX_{DM} (enačbe (3.1)).

$$D_D = \frac{t_D}{MAX_{DM}} = \frac{86400s}{759} = 113s$$

$$T_D = \frac{t_T}{MAX_{DM}} = \frac{604800s}{759} = 796s \quad (3.1)$$

$$M_D = \frac{t_M}{MAX_{DM}} = \frac{2592000s}{759} = 3415s$$

Pri načinu Out of Limits Mode je izračun intervalov podoben, le da je tu časovne vrednosti potrebno deliti z 253 (MAX_{OLM}), Potrebno je upoštevati najslabši možen primer, to je, ko so vse opravljene meritve izven dovoljenih meja (enačbe (3.2)). Na ta način se zagotovi, da ne pride do izgub podatkov o meritvah. Izračunani ustrezni časovni intervali za cikle uporabe v obeh omenjenih načinih delovanja so prikazani v tabeli 3.1.

$$D_{OL} = \frac{t_D}{MAX_{OLM}} = \frac{86400s}{253} = 341s$$

$$T_{OL} = \frac{t_T}{MAX_{OLM}} = \frac{604800s}{253} = 2390s \quad (3.2)$$

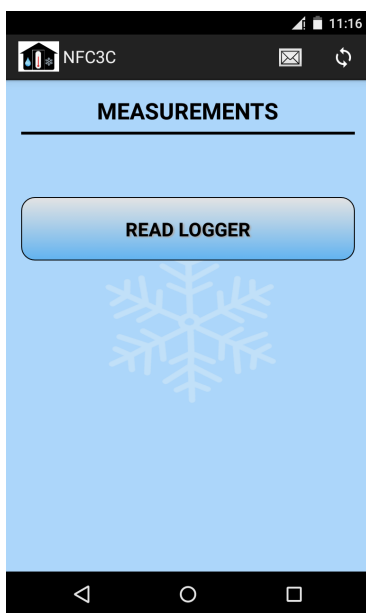
$$M_{OL} = \frac{t_M}{MAX_{OLM}} = \frac{2592000s}{253} = 10245s$$

Način delovanja		
Cikel	Dense Mode	Out of Limits Mode
Dnevni	113s (1min 53s)	341s (5min 41s)
Tedenski	796s (13min 16s)	2390s (39min 50s)
Mesečni	3415s (56min 55s)	10245s (2h 50min 45s)

Tabela 3.1: Časovni intervali za zapis meritev v izbranem ciklu uporabe.

3.2.3 Pregled meritev (MEASUREMENTS)

V tem delu aplikacije lahko uporabnik bere podatke (slika 3.9), ki so zapi-
sani v spominu SL13A, pregleduje že shranjene meritve v podatkovni bazi,
prikaže pa se mu tudi seznam vseh zapisovalnikov podatkov, ki se uporabljajo
v sistemu. Za prikaz tega seznama mora biti omogočen dostop do interneta
oziroma mobilnega podatkovnega omrežja. Potrebno je namreč izvesti do-
stop do podatkovne baze na strežniku (tabela, ki hrani vse zapisovalnike).
Če dostopa ni, bo seznam v aplikaciji prazen. Dodajanje in odstranjeva-
nje zapisovalnikov v bazo je uporabniku mobilne aplikacije zaradi varnostnih
razlogov onemogočeno in se lahko izvaja z uporabo spletne aplikacije.



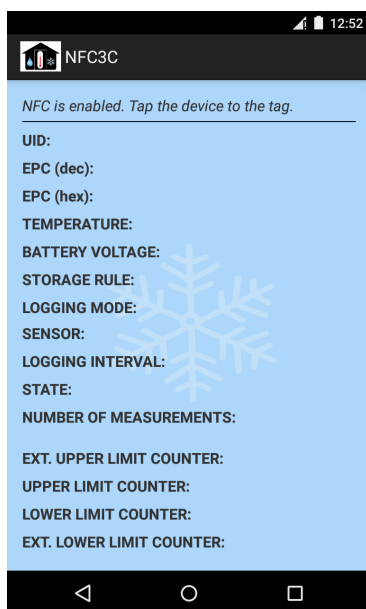
Slika 3.9: Prazen seznam zapisovalnikov in možnost izbire branja SL13A.

Branje SL13A je na lokaciji omogočeno s pritiskom na gumb READ LO-
GGER. S približevanjem mobilne naprave k SL13A se preberejo in na zaslonu
izpišejo vse njegove informacije in podatki o trenutnih nastavitvah (slika
3.10). Prav tako pa seveda tudi vse temperaturne meritve, ki so v tistem
trenutku shranjene v pomnilniku zapisovalnika. Vsaka informacija o tem-

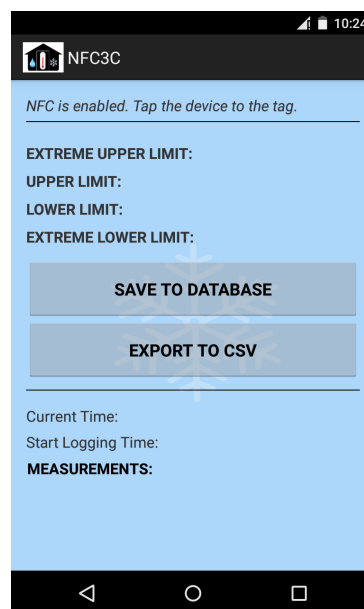
peraturni meritvi (*temp_code*) je v pomnilniku predstavljena z 10 biti. Ta podatek je potrebno še pretvoriti v ustrezno vrednost v stopinjah Celzija. Za pretvorbo se uporabi enačba 3.3 [27].

$$temperature(^{\circ}C) = temp_code * 0.169 - 92.7 - 5.4 \quad (3.3)$$

Meritve se s pritiskom gumba SAVE TO DATABASE shranijo v podatkovno bazo, vendar je shranjevanje omogočeno le v primeru, če je uporabnik prijavljen v aplikacijo in če je zabeležena tudi lokacija opravljanja meritve. Če temu ni tako, se uporabnika obvesti s pojavnim oknom. Če je vzpostavljena internetna povezava se meritve shranijo v podatkovno bazo na strežniku, v nasprotnem primeru pa v lokalno podatkovno bazo. Tu lahko ostanejo shranjene poljubno dolgo. Iz lokalne podatkovne baze se v bazo na spletnem strežniku zapišejo ob pritisku na sinhronizacijski gumb iz nastavitvenega menija na vrhu zaslona. Omogočeno je tudi shranjevanje prebranih meritev v tekstovno datoteko s pritiskom na gumb EXPORT TO CSV.



(a) 1. del



(b) 2. del

Slika 3.10: Branje trenutnega zapisovalnika podatkov.

Razlaga vrednosti, ki se izpišejo ob branju SL13A:

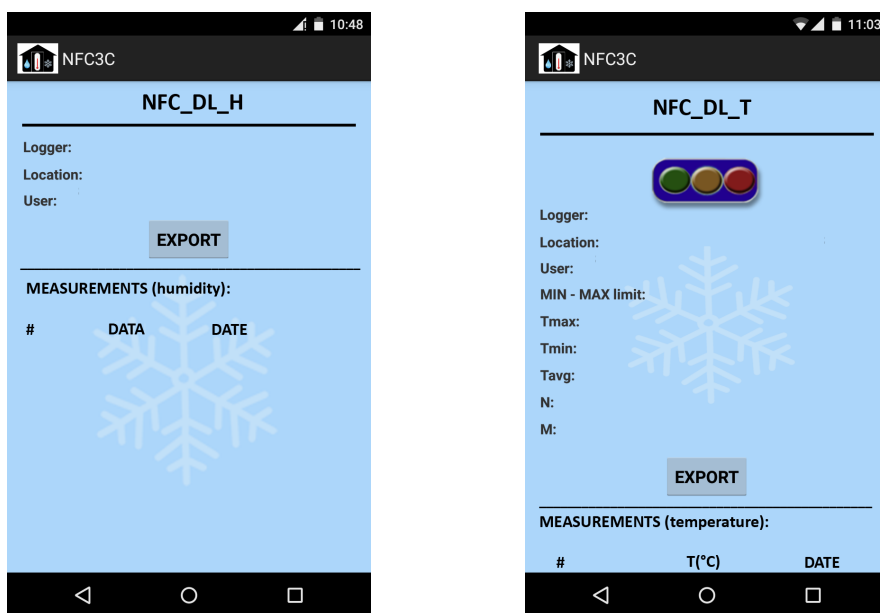
- **UID:** identifikacijska številka zapisovalnika podatkov (določena s strani proizvajalca).
- **EPC (dec):** koda EPC zapisovalnika podatkov v formatu, ki ga definiramo pri vpisu EPC.
- **EPC (hex):** koda EPC zapisovalnika podatkov v heksadecimalnem zapisu.
- **TEMPERATURE/HUMIDITY:** prebere se vrednost senzorja. To je bodisi trenutna temperatura zraka v stopinjah Celzija (če se bere zapisovalnik temperature) ali senzorski podatek za izračun vlage.
- **BATTERY VOLTAGE:** podatek o napetosti baterije.
- **STORAGE RULE:** način shranjevanja opravljenih meritev v pomnilnik (Normal, Rolling).
- **LOGGING MODE:** format zapisovanja meritev (Dense Mode, Out of Limits Mode).
- **SENSOR:** pove ali je izbran notranji temperaturni senzor ali zunanji senzor za vlago.
- **LOGGING INTERVAL:** nastavljen časovni interval izvajanja meritev (v sekundah na intervalu $[0, 32767]$).
- **STATE:** pove ali je zapisovalnik podatkov v aktivnem ali pasivnem stanju.
- **NUMBER OF MEASUREMENTS:** število opravljenih meritev. Pri načinu Dense je to tudi število shranjenih meritev v pomnilniku, pri načinu Out of Limits pa ne.
- **EXTREME UPPER LIMIT COUNTER:** števec opravljenih meritev, ki so presegle skrajno zgornjo dovoljeno mejo (EXTREME UPPER LIMIT).
- **UPPER LIMIT COUNTER:** števec opravljenih meritev, ki so bile med postavljeno zgornjo dovoljeno mejo (UPPER LIMIT) in skrajno zgornjo dovoljeno mejo (EXTREME UPPER LIMIT).
- **LOWER LIMIT COUNTER:** števec opravljenih meritev, ki so bile med postavljeno spodnjo dovoljeno mejo (LOWER LIMIT) in skrajno spodnjo dovoljeno mejo (EXTREME LOWER LIMIT).

- **EXTREME LOWER LIMIT COUNTER:** števec opravljenih meritev, ki so bile pod postavljeno skrajno spodnjo dovoljeno mejo (EXTREME LOWER LIMIT).
- **EXTREME UPPER LIMIT:** skrajna zgornja dovoljena meja.
- **UPPER LIMIT:** zgornja dovoljena meja.
- **LOWER LIMIT:** spodnja dovoljena meja.
- **EXTREME LOWER LIMIT:** skrajna spodnja dovoljena meja.
- **MEASUREMENTS:** tu se izpišejo vse meritve, ki so trenutno shranjene v pomnilniku zapisovalnika podatkov.

Pri zapisovalniku podatkov za merjenje vlage je izpis podoben le nekoliko okrnjen. Namesto temperature se izpiše podatek o trenutno izmerjeni vlagi v zraku v osnovni numerični obliki. Poleg tega se ne izpišejo nobene vrednosti, ki se nanašajo na limite zapisovalnika. Tako se izpišejo zgolj naslednje vrednosti: UID, EPC, HUMIDITY, BATTERY VOLTAGE, STORAGE RULE, LOGGING MODE, SENSOR, LOGGING INTERVAL, STATE, NUMBER OF MEASUREMENTS, MEASUREMENTS.

Ob pritisku na poljuben element iz seznama se odpre novo okno (slika 3.11a in slika 3.11b) z izpisom podrobnejših informacij o meritvah izbranega zapisovalnika, ki so shranjene v podatkovni bazi na strežniku (tudi tu je potrebna internetna povezava). Za izbran zapisovalnik podatkov, ki meri vlago je na voljo:

- Izpis imena in kode EPC zapisovalnika podatkov, lokacije opravljanja meritve in izvajalca meritev.
- Ogled zgodovine zadnjih 750 shranjenih meritev v podatkovni bazi (zaporedna številka meritve, numerična vrednost in čas meritve). Vrednosti opravljenih meritev so v osnovni obliki, ki jo zabeleži senzor (numerična vrednost med 0 in 1023).
- Ustvarjanje datoteke CSV z vsemi meritvami (EXPORT).



(a) Izbran zapisovalnik vlage.

(b) Izbran zapisovalnik temperature.

Slika 3.11: Seznam in pregled zgodovine meritev.

Izpis za izbran zapisovalnik podatkov, ki meri temperaturo je nekoliko drugačen (slika 3.11b). Na voljo je:

- Prikaz ustreznosti meritev v obliki semaforja.
- Izpis imena in kode EPC zapisovalnika podatkov, lokacije opravljanja meritve in izvajalca meritev.
- Izpis najmanjše in največje nastavljene limite (MIN, MAX limit), največje in najnižje zabeležene temperature (Tmax in Tmin), izračun povprečne temperature (Tavg) ter parametra N in M.
- Ogled zgodovine zadnjih 750 shranjenih meritev v podatkovni bazi (zaporedna številka meritve, numerična vrednost v stopinjah Celzija in čas meritve).
- Iz nastavljenih limit zapisovalnika se ugotovi in ustrezno označi, ali je vsaka zabeležena meritev znotraj ustreznega območja, ki je bilo nastavljeno, ali ne. Neustrezne meritve se obarvajo rdeče.

- Ustvarjanje datoteke CSV z vsemi meritvami (EXPORT).

Za temperaturni zapisovalnik podatkov je na voljo grafični prikaz ustreznosti meritev v obliki semaforja. Semafor ima tri barve od katerih ima vsaka svoj pomen.

Zelena barva pove, da so bile vse izmerjene vrednosti temperatur znotraj predvidenega območja, ki je bilo nastavljeno (limite). To pomeni, da so bili izdelki ves čas hranjeni v ustreznih pogojih in njihova kvaliteta ni vprašljiva.

Rumena barva označuje, da je bila ena ali več meritev neustreznih - bile so izven definiranih meja. Takih meritev je bilo v zaporedju več kot N in največ M (N in M predstavljata numerično vrednost, ki se določi pri vnosu zapisovalnika v podatkovno bazo v spletni aplikaciji). Rumena barva opozarja na manjšo neustreznost pogojev hranjenja produktov, vendar to obenem še vedno ne pomeni nujno, da je bilo z izdelki kaj narobe.

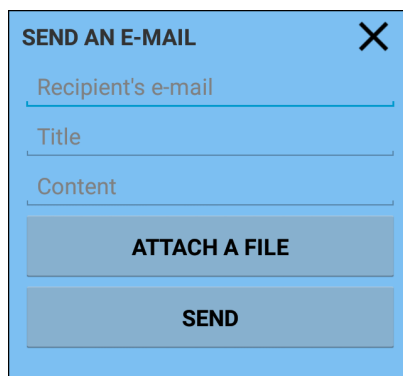
Rdeča barva označuje kritično stanje. Več kot M zaporednih meritev je prekoračilo dovoljene meje. Ker so bili takšni produkti predolgo hranjeni v neustreznih pogojih je potrebna podrobnejša analiza rezultatov, da se ugotovi kakšen je bil njihov vpliv na kvaliteto.

Ob izbiri opcije EXPORT se za izbran modul SL13A ustvari datoteka z imenom, ki je bil dodeljen zapisovalniku. Omenjene tekstovne datoteke so namenjene nadaljnji obdelavi zajetih podatkov. Na začetku datoteke je izpisan naziv in koda EPC lokacije izvajanja meritev, zapisovalnika podatkov in izvajalca meritev, ter nastavljene limite. V vsaki naslednji vrstici pa so v dveh stolpcih zapisane informacije, ki se nanašajo na posamezno meritev:

- Čas opravljanja meritve.
- Vrednost meritve (podatek o temperaturi ali vlagi).

Datoteke so shranjene na mobilni napravi v mapi imenovani NFC3C. Na računalnik se jih lahko prenese neposredno preko povezave USB ali pa se jih pošlje na elektronski naslov. Pojavno okno za vnos podatkov za pošiljanje je

prikazano na sliki 3.12. Zahtevan je vnos naslova prejemnikove elektronske pošte, zadeve, vsebine sporočila in pripenjanje datoteke. Dejansko pošiljanje elektronskega sporočila se izvede s pomočjo drugih aplikacij nameščenih na napravo, ki to omogočajo (npr. Gmail Application).



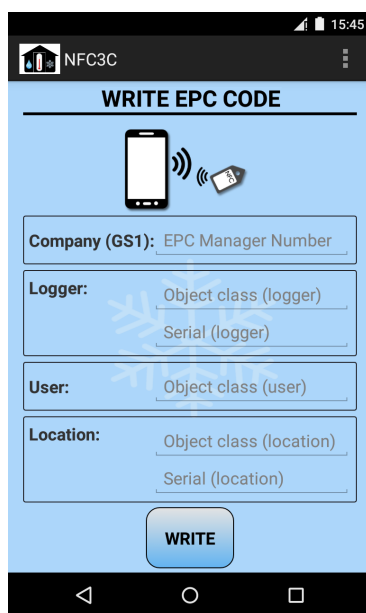
The image shows a blue dialog box titled "SEND AN E-MAIL" with a close button (X) in the top right corner. Inside the dialog, there are four input fields: "Recipient's e-mail", "Title", "Content", and "ATTACH A FILE". The "ATTACH A FILE" field is a button. Below these fields is a "SEND" button.

Slika 3.12: Pojavno okno za pošiljanje elektronskega sporočila s pripeto datoteko.

3.2.4 Vpis kode EPC (WRITE EPC CODE)

Aplikacija omogoča vpis kode EPC na zapisovalnike podatkov in pametne kartice, ki so namenjene označevanju uporabnikov in lokacij (slika 3.13). Kode EPC so za omenjene primere različne, zato je potrebna ustrezna obravnava za vsak primer posebej.

Kode EPC so dolge 96-bitov. Vsebujejo lahko štiri različna polja (Header, EPC Manager Number, Object Class, Serial Number), ki določajo označevanje v standardu GS1 [13]. Biti polja *Header* so namenjeni ugotavljanju vrste kode EPC (GSRN, SGLN, GRAI). V polju *EPC Manager Number* zapisana koda GS1 (ta je lahko dolžine od 7 do 10 cifer), katera se posameznemu podjetju dodeli ob članstvu v mednarodno organizacijo GS1. Za označevanje in razlikovanje posameznih uporabnikov, lokacij in zapisovalnikov med seboj se uporabljajo vrednosti *Object Class* in *Serial Number*.



Slika 3.13: Vpis kode EPC.

V nadaljevanju sledi pregled treh uporabljenih vrst kod EPC in razlaga, kako se tvorijo iz vnešenih uporabnikovih podatkov (slika 3.13). V vseh primerih se vpisani podatki pretvorijo v 96-bitni zapis in shranijo v pomnilnik naprave.

3.2.4.1 Vpis EPC na uporabniške pametne kartice

Z GSRN kodo EPC je vsakemu uporabniku dodeljen enoličen identifikator. Ta je vnešen tudi v podatkovno bazo ob dodajanju novega uporabnika. To se stori preko spletne aplikacije za upravljanje s sistemom (poglavje 3.4). Za tvorbo GSRN kode se v aplikaciji od uporabnika zahteva vnos GS1 kode podjetja (*EPC Manager Number*) in razreda (*Object Class*) s katerim želi označiti posameznega uporabnika, ki mu bo kartica pripadala. Uporabnik obe vrednosti vnese v desetiški notaciji. Iz tega se ustvari koda EPC katera se zapiše na pametno kartico.

3.2.4.2 Vpis EPC na lokacijske pametne kartice

Za označevanje globalne lokacije skladišča ali hladilnice se uporabi identifikator SGLN (Serialised Global Location Number). V primeru da ima podjetje več skladišč vsakemu skladišču pripada svoja edinstvena koda. Tudi posamezni prostori znotraj skladišča so lahko označeni s svojim identifikatorjem (pametno kartico).

Uporabnik poleg GS1 kode podjetja in serijske številke lokacije (*Serial Number*) vnese še razred (*Object Class*). Z razredom se označi globalne lokacije (npr. več skladišč), s serijsko številko pa posamezne prostore v njih.

3.2.4.3 Vpis EPC na SL13A

Koda EPC se tvori tako, da uporabnik vnese decimalne numerične vrednosti v polja EPC Manager Number, Object Class in Serial Number ob oznaki "Logger" (slika 3.13). Vnosno polje Serial Number zahteva vnos številke zapisovalnika podatkov po kateri se ta razlikuje od vseh drugih. Po združitvi vseh polj se tvori končna koda EPC, ki se iz decimalnega formata pretvori v binarni in se zapiše v del pomnilnika EEPROM, ki je namenjen uporabniškemu podatkom. Vsak zapisovalnik je tako enolično identificiran z zaporedjem 96 bitov. Pomembno je poudariti, da se koda zapiše zgolj na zapisovalnik in ne tudi v podatkovno bazo. Tja jo vpiše administrator sistema preko spletne aplikacije.

3.2.4.4 Postopek vpisa kode EPC

Korak 1: Zaženi aktivnost WRITE EPC CODE in vnese zahtevane podatke.

Zapisovalnik podatkov SL13A:

Vnesi EPC Manager Number, Object Class (logger), Serial Number (logger).

Uporabniška kartica:

Vnesi EPC Manager Number, Object Class (user), Serial Number (user).

Lokacijska kartica:

Vnesi EPC Manager Number, Object Class (location), Serial Number (location).

Korak 2: Približaj pametno napravo k znački NFC in pritisni gumb WRITE.

Korak 3: Je bilo pisanje uspešno?

DA: Koda EPC se je zapisala. Na zaslon se izpiše sporočilo 'Success!'.

NE: Formatiraj pametno kartico z izbiro opcije 'Format Card' iz nastavitvenega menija in ponovi postopek vpisa kode EPC.

3.3 Podatkovna baza

Za shranjevanje podatkov sta definirani dve podatkovni bazi: glavna na spletnem strežniku in lokalna na mobilni napravi. V prvi so shranjeni podatki za celoten proces nadzora v hladni verigi in se nahaja na spletnem strežniku. V njej so podatki, ki se nanašajo na opravljene meritve (tabela measurements). Poleg tega baza vsebuje še tabelo zapisovalnikov podatkov (loggers), uporabnikov aplikacije (users) in lokacij (locations). Podatkovni model je prikazan na sliki 3.14.

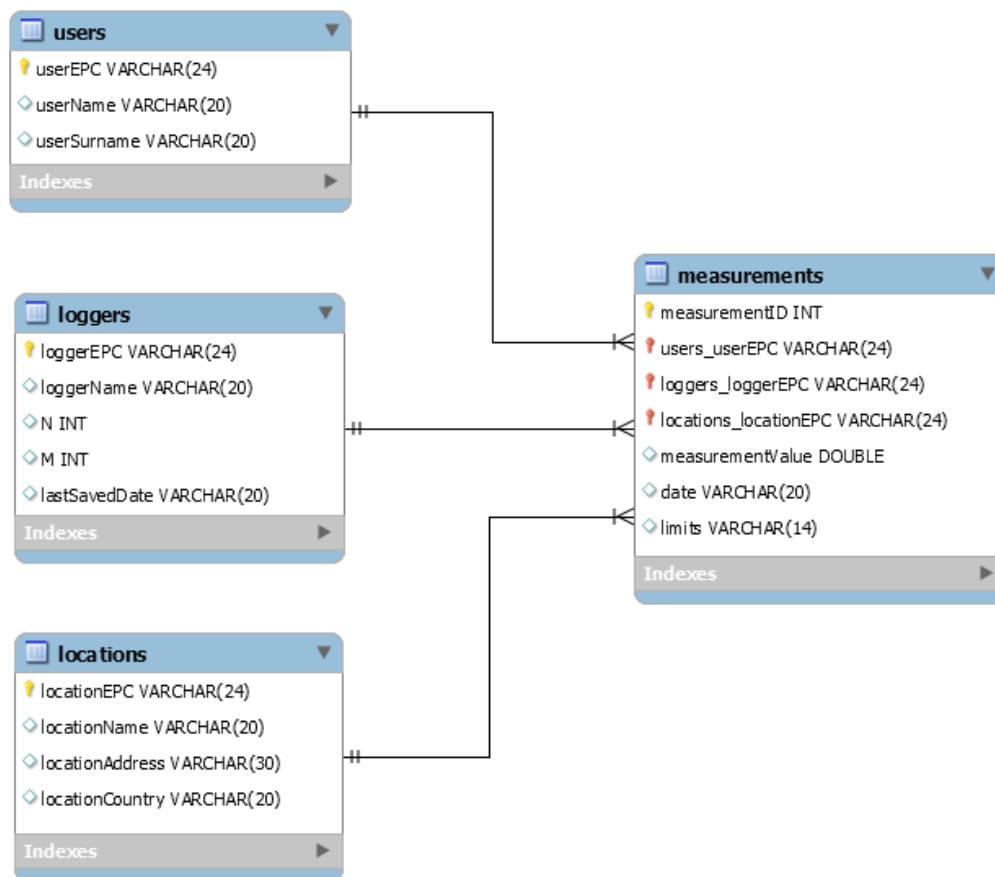
Tabela users: tabela uporabnikov aplikacije. Uporablja se za prijavo uporabnikov v aplikacijo (glede na EPC) in identifikacijo izvajalca meritev.

- **userEPC** - koda EPC uporabnika (GSRN) - enoličen identifikator, ki se uporablja tudi v tabeli measurements.
- **userName** - ime uporabnika.
- **userSurname** - priimek uporabnika.

Tabela loggers: tabela vseh zapisovalnikov podatkov uporabljenih v sistemu.

- **loggerEPC** - koda EPC zapisovalnika podatkov (GRAI). Uporablja se tudi v tabeli measurements.
- **loggerName** - ime zapisovalnika, ki se prikaže v aplikaciji.
- **N** - numerična vrednost za določanje barve semaforja v aplikaciji ($N < M$).

- **M** - numerična vrednost za določanje barve semaforja v aplikaciji ($M > N$).
- **lastSavedDate** - datum in ura zadnje shranjene meritve (pomembno za preprečevanje podvajanja meritev).



Slika 3.14: Podatkovni model.

Tabela locations: tabela lokacij na katerih se izvaja nadzor.

- **locationEPC** - koda EPC lokacije (GLN). Uporablja se tudi v tabeli **measurements**.
- **locationName** - ime lokacije.
- **locationAddress** - naslov lokacije.

- **locationCountry** - država v kateri se lokacija nahaja.

Tabela measurements: tabela vseh shranjenih meritev.

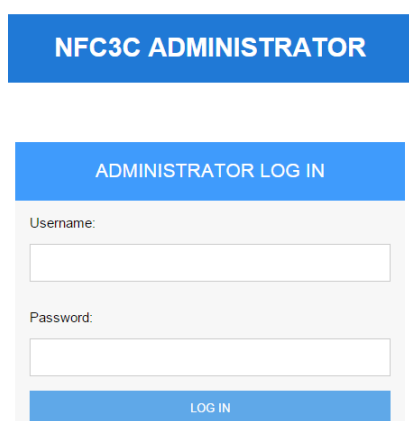
- **measurementID** - šifra meritve. Omogoča enolično razlikovanje meritev med seboj.
- **users_userEPC** - tuj ključ iz tablele users. Pove izvajalca meritve.
- **loggers_loggerEPC** - tuj ključ iz tablele loggers. Pove zapisovalnik podatkov s katerim se je meritev izvedlo.
- **locations_locationEPC** - tuj ključ iz tablele locations. Pove kraj izvajanja meritve.
- **measurementValue** - numerična vrednost meritve. To je bodisi vrednost temperature (°C), ali pa podatek o napetosti senzorja vlage (mV) iz katerega se lahko izračuna relativno vlago (enačba 3.5).
- **date** - čas izvedbe meritve (datum, ura).
- **limits** - nastavljene temperaturne limite (skrajna zgornja, zgornja, spodnja in skrajna spodnja limita) na zapisovalniku podatkov s katerim se je meritev opravilo. Potrebne so za interpretacijo ustreznosti posamezne meritve. Pri podatkih za vlago se limite ne upoštevajo.

Druga podatkovna baza, ki se uporablja v rešitvi, se nahaja neposredno na pametni napravi z operacijskim sistemom Android (uporabljena je rešitev z lokalno podatkovno bazo SQLite). Vsebuje samo eno tabelo v katero se shranjujejo podatki o opravljenih meritvah. Ta tabela je po atributih povsem enaka tabeli measurements iz slike 3.14. Namenjena je vmesnemu shranjevanju podatkov o meritvah, če dostop do podatkovne baze na oddaljenemu strežniku ni mogoč. Tako se zagotovi, da ne pride do izgub podatkov.

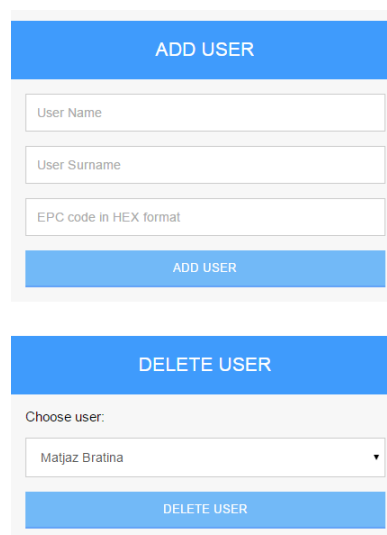
3.4 Spletna aplikacija

Na spletnem strežniku se poleg glavne podatkovne baze nahaja tudi spletna aplikacija. Namenjena je upravitelju sistema za nadzor temperatur in vlage na izbranih lokacijah. Slednji se mora v spletno aplikacijo najprej prijaviti z veljavnim uporabniškim imenom in geslom (slika 3.15a). Omogočeno je dodajanje in odstranjevanje uporabnikov, zapisovalnikov podatkov in lokacij v podatkovno bazo. Na voljo je še izpis shranjenih meritev v obliki seznama ali grafa, kot tudi njihovo brisanje.

Primer obrazca za dodajanje (odstranjevanje) uporabnikov v podatkovno bazo prikazuje slika 3.15b. Ob dodajanju novega uporabnika je potrebno vnesti njegovo ime in priimek ter enako kodo EPC v heksadecimalni obliki, kakršna mu je bila dodeljena ob ustvarjanju uporabniške kartice NFC. V kolikor vnešena koda že pripada nekemu drugemu uporabniku bo dodajanje neuspešno. Odstranjevanje je še enostavnejše, saj se iz podatkovne baze preberejo vsi uporabniki in se izpišejo v spustnem meniju. Izbran uporabnik bo izbrisan in se ne bo mogel več prijaviti v mobilno aplikacijo NFC3C.



(a) Prijava v spletno aplikacijo.



(b) Dodajanje in odstranjevanje uporabnikov.

Slika 3.15

Spletna aplikacija omogoča tudi odstranjevanje in dodajanje zapisovalnikov podatkov v sistem (slika 3.16a). Odstranjevanje poteka na enak način kot pri odstranjevanju uporabnikov. Pri dodajanju pa je zahtevan vnos zapisovalnikovega imena, koda EPC ter numeričnih parametrov N in M, ki se uporabljata za prikaz ustreznosti meritev v obliki semaforja znotraj mobilne aplikacije NFC3C. Tudi tu mora biti vnesena koda EPC različna od vseh že shranjenih.

Na enak način se dodaja in odstranjuje tudi lokacije (slika 3.16b). Pri dodajanju nove lokacije v podatkovno bazo se vnese njen naziv, kodo EPC ter naslov in državo kjer se lokacija nahaja.

The image displays four web forms arranged in a 2x2 grid. The top row contains 'ADD LOGGER' and 'ADD LOCATION' forms, while the bottom row contains 'DELETE LOGGER' and 'DELETE LOCATION' forms. Each form has a blue header bar with its title. The 'ADD' forms feature input fields for 'Logger name' or 'Location name', 'EPC code in HEX format', 'Value of N' or 'Address', and 'Value of M' or 'Country', followed by a blue 'ADD' button. The 'DELETE' forms feature a dropdown menu to 'Choose data logger' or 'Choose location', with a blue 'DELETE' button below it.

(a) Dodajanje in odstranjevanje SL13A. (b) Dodajanje in odstranjevanje lokacij.

Slika 3.16

Shranjene meritve lahko uporabnik pregleda v obliki seznama (slika 3.17). Najprej se izpiše naziv in koda EPC izbranega zapisovalnika podatkov in lokacije izvajanja meritev. Sledi seznam v katerem se vsaka vrstica nanaša na eno meritev. Poleg same vrednosti izmerjene temperature ali vlage se izpiše še ime izvajalca datum izvedbe in nastavljene limite. Izpis se izvede

z izbiro zapisovalnika podatkov, katerega meritve nas zanimajo, poleg tega pa se določi tudi časovni okvir. Slednji omogoča prikaz le tistih meritev katere so bile opravljene med navedenima datumoma (From, To). S klikom na gumb EXPORT se prikazane meritve zapišejo v tekstovno datoteko CSV in shranijo na računalnik. Podobno se meritve lahko prikažejo tudi v grafični obliki z grafom. S klikom na zavihek *GRAPH-T&H* imamo možnost izrisa grafa temperature in vlage (slika 3.18). Iz spustnega menija je potrebno izbrati dva zapisovalnika podatkov, enega temperaturnega in enega za vlago. Z rdečo črto je prikazano spreminjanje temperature z modro pa relativne vlažnosti. Na drugi strani imamo pri zavihku *GRAPH-T* na voljo iz treh spustnih menijev izbrati do tri temperaturne zapisovalnike podatkov. Za vsakega se nato izriše krivulja drugačne barve. Tako je mogoča primerjava temperatur na enem grafu.

NFC3C ADMINISTRATOR

MANAGE
MEASUREMENTS
GRAPH-T
GRAPH-T&H
LOG OUT

GET MEASUREMENTS

Choose a Data Logger:

T_LOGGER 2 ▼

From:

18/08/2015

To:

19/08/2015

GO!

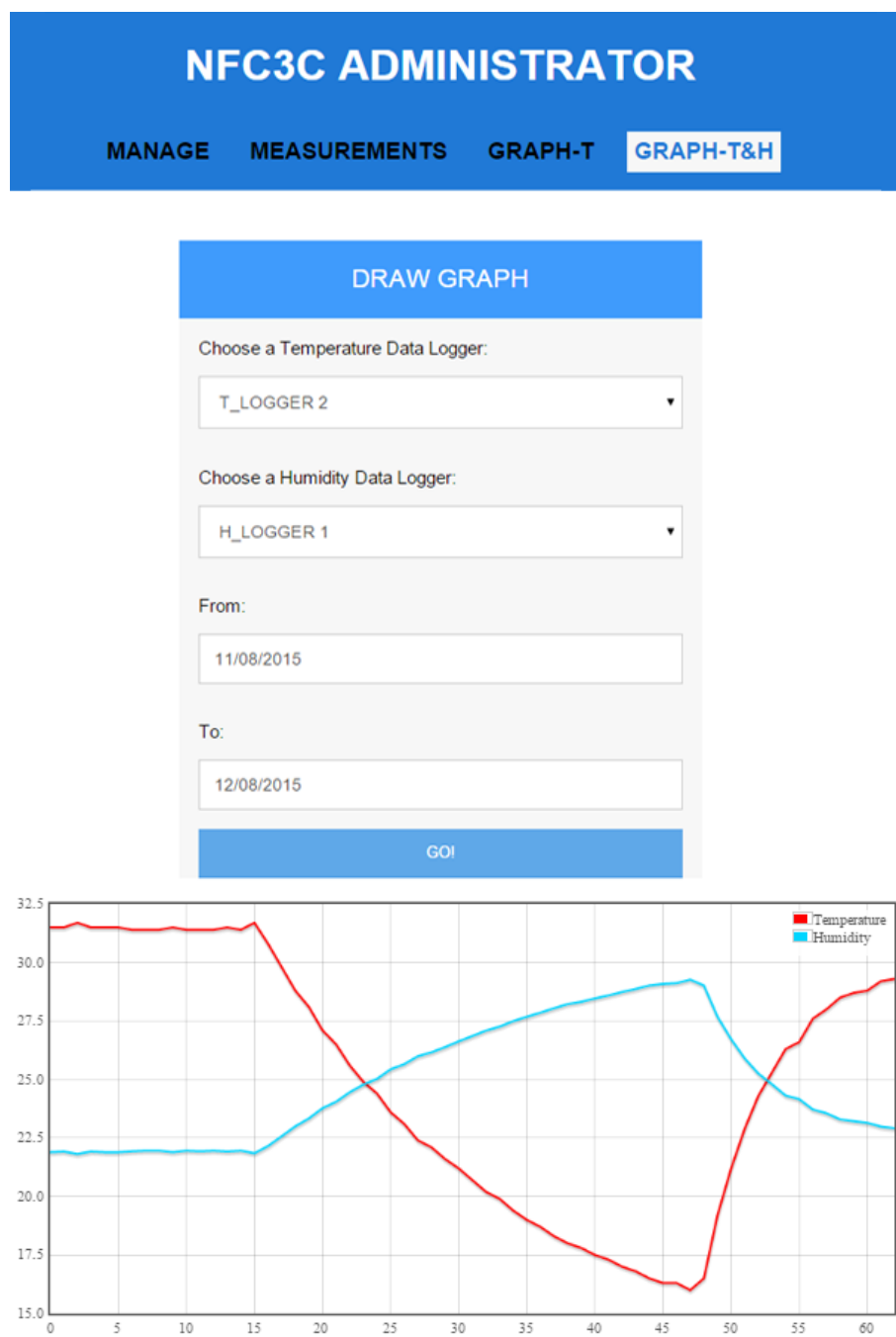
EXPORT

Logger name: T_LOGGER 2 (epc: 330d6d430680010000000002)

Location: Soba (epc: 320d6d4306803c0000000001)

User	T(°C)	Date	Limits
Matjaz Bratina	29.7	18/08/2015 10:09:03	20 24 28 30
Matjaz Bratina	29.5	18/08/2015 10:09:05	20 24 28 30
Matjaz Bratina	29.7	18/08/2015 10:09:07	20 24 28 30
Matjaz Bratina	29.7	18/08/2015 10:09:09	20 24 28 30

Slika 3.17: Pregled shranjenih meritev.



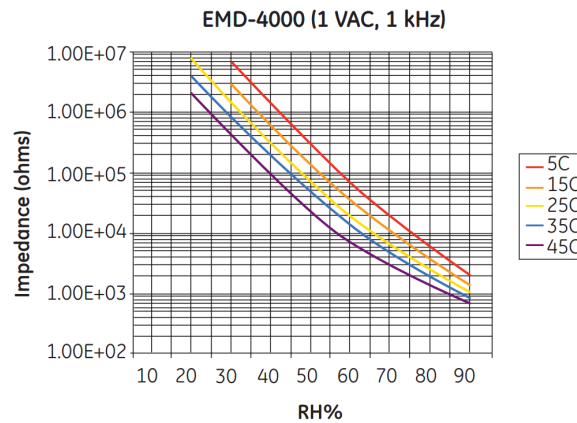
Slika 3.18: Izris grafa temperature in vlage.

Vrednosti meritev o vlagi so v podatkovni bazi shranjene v osnovni obliki, ki jo zabeleži SL13A. Najprej jih je potrebno po enačbi 3.4 pretvoriti v informacijo o napetosti senzorja vlage, ki je potrebna pri nadaljnjih izračunih. Dobljena napetost je vedno na intervalu [0.3 V, 0.6 V].

$$U = ((sensorData/1023) * 0.352) + 0.231 \quad (3.4)$$

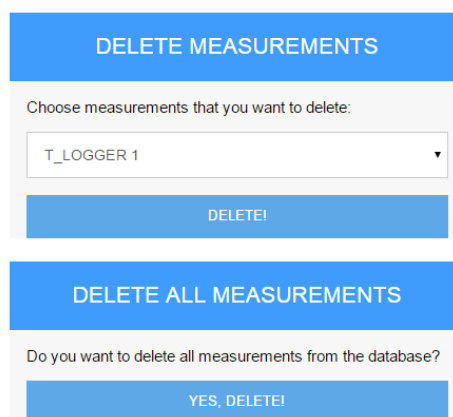
Za izračun relativne vlažnosti (RH) so potrebni tudi podatki o temperaturi (T) na lokaciji izvajanja meritve vlage. Iz podatkov o napetosti (U) in temperaturi (T) se po enačbah 3.5 izračuna relativno vlažnost (RH) izraženo v odstotkih. Enačba RH je splošna saj velja za poljubno napetost U in temperaturo T. Izpeljana je bila iz petih enačb funkcij, ki so prikazane na grafu (slika 3.19). Vmesni enačbi A in B predstavljata parametre izračunane splošne enačbe RH in sta bili določeni z metodo prilagajanja glede na spreminjanje parametrov iz enačb referenčnih funkcij. Splošna enačba RH se torej, kar se da dobro, prilega omenjenim petim funkcijam, ob vsaki poljubni temperaturi in napetosti (upornosti) senzorja vlage.

$$\begin{aligned} RH &= A * e^{B*U} \\ A &= 212.81 * e^{0.0125*T} \\ B &= (-0.0497 * T) - 2.9991 \end{aligned} \quad (3.5)$$



Slika 3.19: Določanje relativne vlažnosti [26].

Zadnja funkcionalnost spletne aplikacije je izbris meritev iz baze. Lahkose izbrisejo vse, ali zgolj meritve izbranega zapisovalnika (slika 3.20). Poleg omejenjene spletne aplikacije je na strežniku nameščena tudi skripta v programskem jeziku PHP. Deluje kot vmesni programski sloj (angl. *middleware*) med mobilno aplikacijo NFC3C in podatkovno bazo. Omogoča branje oz. pisanje v strežniško podatkovno bazo. Operacijski sistem Android namreč ne podpira neposrednega upravljanja podatkovnih baz z uporabo poizvedovalnega jezika SQL (Structured Query Language). Skripta PHP omogoča osnovne CRUD (Create, Read, Update, Delete) operacije. Podatki se med aplikacijo in skripto PHP pošiljajo v obliki JSON sporočil (JavaScript Object Notation). Branje (Read) je potrebno za izpis seznama zapisovalnikov podatkov, shranjenih meritev in pri preverjanju prijave uporabnika v aplikaciji NFC3C. Operacija ustvarjanja (Create) se uporablja pri shranjevanju meritev (ustvarjanje nove vrstice v tabeli), spletna aplikacija pa jo izkorišča za dodajanje novih uporabnikov, zapisovalnikov in lokacij. Za njihovo odstranjevanje pride v poštev operacija brisanja (Delete).



Slika 3.20: Brisanje shranjenih meritev.

Za pošiljanje meritev iz aplikacije NFC3C na strežnik je potrebna internetna ali mobilna podatkovna povezava. Če povezava ni omogočena, se podatki shranijo zgolj v lokalno podatkovno bazo na pametni napravi. Ko

je povezava naslednjič vzpostavljena in uporabnik poda zahtevo za shranjevanje podatkov v podatkovno bazo na strežniku, se istočasno vanjo shranijo tudi podatki iz lokalne baze, katera se nato pobriše. Brisanje lokalne baze je potrebno zaradi varčevanja s pomnilniškim prostorom, saj je lahko podatkov zelo veliko in tako baza postane prevelika za shranjevanje na napravi.

Poglavje 4

Nadzor temperature in vlage

4.1 Opis procesa

V postopku nadzora temperatur in vlage je potrebno zagotoviti namestitev aplikacije NFC3C na pametne telefone ali tablice. Aplikacija je bila razvita za operacijski sistem Android od verzije 4.0 (Ice Cream Sandwich, API level 14) dalje. Za njeno učinkovito uporabo se zahteva omogočena internetna povezava, sicer dostop do podatkovne baze in spletne storitve ni mogoč.

Poleg mobilnih naprav se za nadzor uporabljajo še pametne kartice in zapisovalniki podatkov NFC. Ker se s slednjimi opravlja meritve je nujno preverjanje njihovega delovanja in nastavitvev. Ko so vse naprave nameščene na ustrezna mesta na lokaciji se lahko začne z izvajanjem nadzora. Njegov potek je določen z:

Korak 1: Priprava opreme

1.1 Vpis kode EPC uporabnikov in lokacij na kartice SL2 ICS20

V aplikaciji NFC3C odpremo okno za vpis kode EPC (WRITE EPC CODE). Vnesemo GS1 kodo podjetja in serijsko številko. Kartico, ki bo namenjena identifikaciji uporabnika, približamo mobilni napravi ter izvedemo zapis. Postopek ponovimo za vpis kode EPC na lokacijsko kartico. Poleg GS1 kode podjetja v oknu, ki se nanaša na lokacijo, vnesemo še serijsko številko in številko razreda. Izvršimo zapis.

1.2 SL13A Delovanje zapisovalnika podatkov SL13A se pred prvo uporabo ustrezno nastavi in preveri.

1.2.1 Testiranje

Z natančnim testiranjem ugotovimo ali zapisovalnik deluje pravilno. Postopoma in sistematično nastavimo vsako od opcij, ki so na voljo v nastavitvah in za vsako posebej opravimo nekaj testnih meritev. Opazujemo obnašanje zapisovalnika med delovanjem in nato preverimo, če so dobljeni rezultati v skladu z našimi meritvami. Poleg tega je potrebno biti pozoren, da se v zapisovalnik podatkov namesti nova baterija.

1.2.2 Kalibracija

Kadar izmerjene temperature niso enake dejanskim temperaturam okolja izvedemo postopek kalibracije. Potrebno jo je izvesti ob vsaki menjavi baterije zapisovalnika podatkov. Opravljanje kalibracije je enostavno. V nastavitvah (SL13A SETTINGS) napravo približamo k zapisovalniku podatkov in izvršimo ukaz CALIBRATE.

1.2.3 Inicializacija

Izvedemo inicializacijo zapisovalnika (INITIALIZE) s katero pobrišemo pomnilnik EEPROM. Poleg tega se rezervirajo še trije pomnilniški bloki v katere se bo v naslednjem koraku vpisala koda EPC (brez inicializacije bi se koda EPC sicer ravno tako vpisala v pomnilnik zapisovalnika, vendar bi se nato prepisala z vrednostjo prve meritve, ko bi se ta shranila).

1.2.4 Vpis kode EPC v SL13A

Kodo EPC na zapisovalnik zapišemo na enak način kot na pametne kartice. Pazimo le na to, da podatke vnesemo v ustrezna vnosna polja.

Korak 2: Dodajanje v podatkovno bazo

Preko spletne aplikacije je potrebno v podatkovno bazo dodati uporabnike saj jim na ta način omogočimo prijavo v mobilno aplikacijo NFC3C. Vnese se tudi vse lokacije kjer se bodo meritve izvajale in se jih bo beležilo. Zadnji zahtevan korak je dodajanje zapisovalnikov podatkov SL13A, ki bodo nameščeni v skladišče in se bodo uporabljali pri procesu nadzora temperature in vlage.

Korak 3: Namestitev opreme v skladišče

Na lokaciji morajo biti zapisovalniki podatkov nameščeni na mesta kjer se izdelki nahajajo največ časa oziroma, kjer so spremembe temperature in vlage najbolj verjetne. Pomembno je, da je vsa oprema s katero rokuje uporabnik nameščena na lahko dostopna mesta. Prav tako je treba zagotoviti, da zapisovalniki niso izpostavljeni kakšnim neugodnim pogojem (bližina vode, izjemno visoke/nizke temperature, možnost udarcev itd.) zaradi katerih bi se lahko pokvarili ali uničili. Zato je priporočljivo tudi, da so zapakirani v zaščitno embalažo.

Korak 4: Izvajanje nadzora**4.1 Prijava uporabnika**

Pred pričetkom izvajanja nadzora se najprej opravi postopek prijave uporabnika. Uporabnik zažene aplikacijo in svojo identifikacijsko kartico približa telefonu. Ob prisotnosti internetne povezave se preveri, ali uporabnik s prebrano uporabniško kodo EPC obstaja v podatkovni bazi na strežniku. Če obstaja, se koda EPC izpiše na ustrezno mesto na zaslonu in uporabnik ima omogočeno uporabo vseh funkcionalnosti aplikacije. Uspešno prijavljen uporabnik je pogoj, da se omogoči zagon procesa izvajanja meritev ter pregled in shranjevanje meritev v podatkovno bazo. Če internetna povezava ni omogočena, ali pa uporabnik ne obstaja v podatkovni bazi, je prijava v aplikacijo neuspešna. Neprijavljen uporabnik ima omejen nabor operacij, ki jih lahko izvaja v aplikaciji. Na voljo mu je zgolj branje zapisovalnika podatkov.

4.2 Beleženje lokacije

Z ustrezno lokacijsko pametno kartico se izvede tudi beleženje lokacije prostorov, kjer se opravlja meritve. Zopet je potrebna internetna povezava, da se v bazi podatkov preveri, ali je lokacija veljavna. Zabeležena lokacija je pogoj za shranjevanje meritev v podatkovno bazo.

4.3 Nastavitev SL13A za izvajanje meritev

Nastavitve delovanja (opcija SL13A SETTINGS v aplikaciji NFC3C) nastavimo tako, da najboljše ustrezajo potrebam nadzora v skladišču. Določimo format in pravila shranjevanja meritev v pomnilnik, uporabljen senzor ter limite. Poleg tega moramo pravilno nastaviti tudi interval merjenja, odvisno od dejanskih potreb. Na razpolago so intervali opravljanja meritev, ki omogočajo tri vrste ciklov uporabe: dnevni (DC), tedenski (TC) in mesečni (MC). Cikel

uporabe predstavlja čas od začetka samodejnega izvajanja meritev zapisovalnika podatkov, vse do zapolnitve celotnega pomnilnika z vrednostimi meritev. Poleg tega se lahko interval določi tudi ročno (v sekundah). Pri tem mora biti uporabnik pazljiv, da pravočasno preveri zapise še preden zmanjka v pomnilniku prostora za shranjevanje. V primeru da zamudi, bo v pomnilniku shranjen le del vseh zapisov (za toliko časa, kot je bilo možno zapisati).

4.4 Začetek merjenja

Z gumbom START LOGGING se začne proces izvajanja meritev. Zapisovalnik podatkov se iz pasivnega stanja postavi v aktivno in izvaja meritve v skladu z nastavljenim intervalom beleženja.

Korak 5: Pregled meritev

Uporabnik lahko v delu aplikacije READ LOGGER, ki omogoča branje trenutnega zapisovalnika podatkov, pregleduje meritve, ki se preberejo neposredno iz pomnilnika zapisovalnika in se izpišejo na zaslon oziroma shranijo.

5.1 Shranjevanje meritev

Uporabnik s pritiskom na gumb SAVE TO DATABASE shrani prebrane meritve v podatkovno bazo na strežniku. Če ni internetne povezave se vse meritve shranijo zgolj v lokalno podatkovno bazo na pametni napravi. V primeru omogočenega internetnega dostopa, se vsi podatki iz lokalne podatkovne baze najprej zapišejo na strežniško podatkovno bazo, nakar se lokalna baza pobriše. Z uporabo lokalne podatkovne baze se prepreči izgubo podatkov, z njenim brisanjem pa njihovo podvajanje.

5.2 Izvoz datoteke CSV

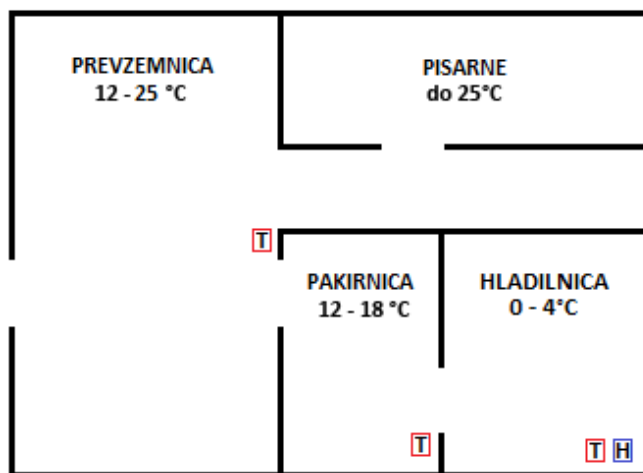
Ob kliku na ime posameznega zapisovalnika podatkov, je uporabniku ob vzpostavljeni internetni povezavi na voljo pregled zadnjih 750 meritev shranjenih v strežniški podatkovni bazi in njihovo shranjevanje v datoteko csv. Vse datoteke se nahajajo na napravi v mapi NFC3C in se jih lahko tudi pošlje preko elektronske pošte.

Korak 6: Zaključek procesa nadzora

Proces nadzora se zaključi z izbiro funkcije INITIALIZE. S tem se zapisovalnik postavi v pasivno stanje, meritve se tako ne izvajajo več. Ponoven začetek izvajanja nadzora se nato začne s korakom 4.

4.2 Testiranje

Testiranje aplikacije in celotnega procesa nadzora temperatur in vlage smo izvedli v podjetju Fonda.si d.o.o [14]. Ribe so namreč eno od hitro pokvarljivih živil pri katerih imajo neustrezni pogoji hranjenja lahko zelo hitro negativen vpliv na kvaliteto in zmanjšano dobo uporabnosti. Razporeditev prostorov v skladišču je prikazana na sliki 4.1. Na njej so označena tudi mesta kjer so bili postavljeni uporabljeni zapisovalniki (T - zapisovalnik temperature, H - zapisovalnik vlage). Nadzor temperature in vlage se je izvajal v treh prostorih: prevzemnici, pakirnici in hladilnici. V prevzemnici se palete z ribami pripravi na raztovarjanje oziroma natovarjanje na transportna vozila. V pakirnici se ribe očisti, pripravi file in pakira za premik v hladilnico, kjer se jih shrani in nato odpelje do kupcev. Pomembno je, da so različni prostori ohlajeni na različne temperature. Te morajo biti takšne, da omogočajo varno hranjenje rib, obenem pa zaposlenim delavcem zagotavljajo ustrezne delovne pogoje.



Slika 4.1: Shema skladišča podjetja Fonda.si d.o.o

Postopek testiranja je vključeval:

Korak 1: Priprava opreme

1.1 Vpis kode EPC uporabnikov in lokacij na kartice SL2 ICS20

Pred začetkom testiranja je bilo najprej potrebno v uporabljeno strojno opremo vpisati kode EPC (slika 4.2). Enemu izvajalcu meritev smo dodelili kartico NFC z enolično kodo (EPC (hex): 2D0D6D43068000000100-0000) za njegovo identifikacijo in prijavo v aplikacijo NFC3C. Sledil je vpis kode EPC na kartico s katero je označena lokacija izvajanja meritev, torej skladišče ribogojnice Fonda.si d.o.o (EPC (hex): 320D6D43068002-0000000001).

1.2 SL13A

V vsakega od štirih zapisovalnikov SL13A smo vstavili baterijo in opravili kalibracijo. Nato smo s spreminjanjem nastavitev preverili pravilnost delovanja in natančnost opravljenih temperaturnih meritev. Sledila je še izvedba inicializacije in vpis kode EPC v pomnilnik SL13A. Zapisovalniki so bili tako pripravljeni na uporabo. Imena in dodeljene kode EPC zapisovalnikov so:

- Prezemnica: 330D6D4306800100000000001
- Pakirnica: 330D6D4306800100000000002
- Hladilnica T: 330D6D4306800100000000003
- Hladilnica H: 330D6D4306800100000000004



Slika 4.2: Vpis kod EPC.

Korak 2: Dodajanje v podatkovno bazo

V spletni aplikaciji smo v podatkovno bazo vnesli podatke uporabnika, ki mu je bila dovoljena prijava v mobilno aplikacijo NFC3C. Poleg tega smo vnesli še lokacijo izvajanja meritev (skladišče ribogojnice Fonda.si d.o.o) ter vse štiri uporabljene zapisovalnike podatkov. Pri slednjih smo poleg imena in kode EPC opredelili še parametra $N=5$ in $M=8$, katera služita za prikaz semaforja ustreznosti temperaturnih pogojev v aplikaciji NFC3C. Delovanje spletne aplikacije smo testirali z različnimi spletnimi brskalniki (Mozilla Firefox 40, Internet Explorer 11, Google Chrome 44 in Opera 31). Bistvenih razlik v delovanju ni bilo.

Korak 3: Namestitev opreme v prostore skladišča

Zapisovalnike podatkov smo vstavili v plastično embalažo in jih tako zaščitili pred morebitnimi udarci ali vodo (slika 4.6). V prevzemnici (slika 4.3) so temperature najvišje zato je zaželeno, da se ribe tu zadržujejo čim manj časa. To je prostor, kjer se opravlja raztovarjanje oz. natovar-

janje zabojnikov z ribami na transportna vozila ali v skladišče. Ribe v tem prostoru čakajo na nadaljnjo obdelavo, kar lahko traja kar nekaj časa. Zaradi tega je potrebno že v tem prostoru zagotoviti nadzor nad temperaturami katerim so ribe izpostavljene. Tukaj je bil nameščen eden temperaturni zapisovalnik in sicer v sredino prostora, saj so pri vhodnih skladiščnih vratih temperature višje in ne odražajo dejanskega stanja. Prav ta vrata so občasno odprta, zaradi česar lahko hitro pride do dviga temperature (še posebej poleti), kar povzroči težave.



Slika 4.3: Prezemnica.

Drugo temperaturno območje v skladišču predstavlja predprostor hladilnice oz. pakirnica (slika 4.4). Tu se ribe zapakira v zabojnike z ledom in premakne v hladilnico. Nameščen temperaturni zapisovalnik je nadzoroval ali je bila presežena najvišja dovoljena temperatura 18°C. Postavljen je bil na lahko dostopno mesto a še vedno tako, da ni bil v napoto oz. izpostavljen nevarnostim, ki bi vplivale na njegovo delovanje.



Slika 4.4: Pakirnica.

V hladilnici (slika 4.5), kjer so temperature najnižje, sta bila nameščena dva zapisovalnika: eden za merjenje temperature in drugi za merjenje vlage. Slednja se meri zato, ker se ribe v hladilnici zadržujejo največ časa in tu prihaja do najpogostejših in največjih nihanj v temperaturi in vlagi (ko se odprejo vrata). Zapisovalnika sta bila nameščena na skrajni konec hladilnice eden zraven drugega. Ribe so hlajene na temperaturi med 0°C in 4°C . Pomembno je, da se vrata v hladilnico ves čas zapirajo, saj se tako prepreči prehod toplejšega zraka v hladilnico. Ribe se tu hranijo vse do nadaljnje obdelave, transporta ali prodaje.



Slika 4.5: Hladilnica.



Slika 4.6: Namestitev SL13A (Hladilnica T, Hladilnica H).

Korak 4: Izvajanje nadzora

Opravili smo tri teste nadzora temperature in vlage: najprej šestdnevni cikel, nato en dnevni cikel in še en tedenski cikel. Uporabnik se je s pametno kartico prijavil v aplikacijo NFC3C in zabeležil lokacijo. Nastavitve delovanja zapisovalnikov smo definirali tako, da smo preverili njihovo delovanje in izvedli analizo rezultatov. V pomnilnik SL13A so se shranjevale vse izmerjene meritve (*Dense Mode*), nastavljene limite pa so se uporabile za grafični prikaz ustreznosti vseh meritev. Prav tako smo določili, da se ob zapolnitvi pomnilnika nove meritve ne shranjujejo več (*Storage rule: Normal*). Na ta način smo se izognili prepisovanju že shranjenih podatkov. Pri prvem testu smo interval beleženja meritev nastavili na 10 minut, testiranje pa je trajalo 6 dni. V drugem testu smo želeli podrobnejše podatke o spremembah temperatur čez dan, zato smo izvedli dnevni cikel nadzora hladne verige. Tretji test, ki je trajal 7 dni, je dal vpogled v spreminjanje temperatur in vlage čez 5 delovnih dni in vikend. Med testiranjem je delo v skladišču potekalo tako kot običajno. Slednje je pomembno zato, da dobljeni rezultati odražajo dejansko stanje dela v skladišču.

Korak 5: Pregled meritev

Izvajalec nadzora je enkrat dnevno z mobilno aplikacijo pregledal zabeležene meritve in jih shranil na strežnik ter v tekstovno datoteko CSV. Ob koncu testiranja procesa nadzora je bilo tako mogoče pregledati spreminjanje temperatur in vlage glede na posamezne dneve oziroma ure.

Korak 6: Zaključek nadzora

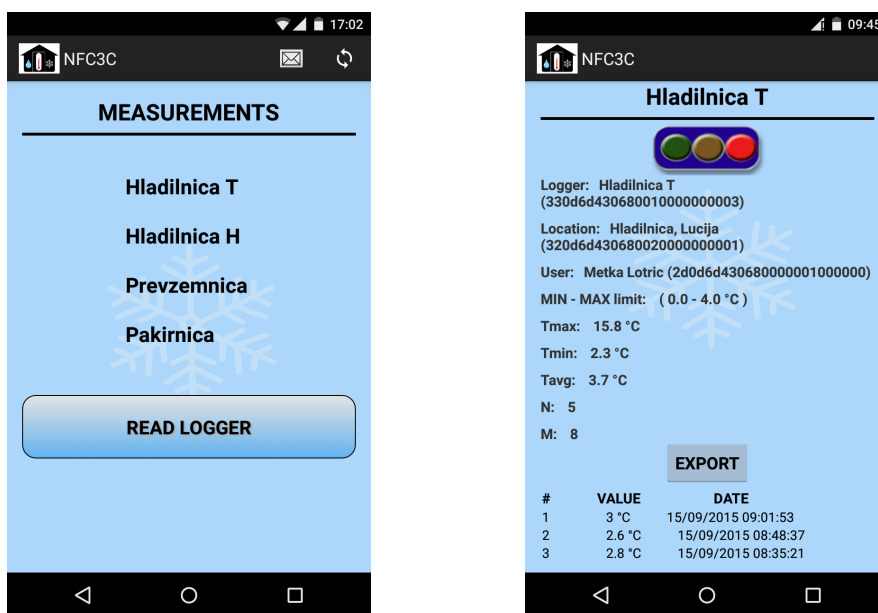
Ob izteku vsakega posameznega cikla je bil postopek nadzora zaključen. Zato je bilo potrebno zapisovalnik inicializirati in ga tako pripraviti na nadaljnjo uporabo.

4.3 Analiza rezultatov

V procesu testiranja so bili izvedeni trije različni testi nadzora temperature in vlage:

- Test 1: šestdnevni cikel (od 25.8.2015 do 30.8.2015) s časovnim intervalom beleženja 600 sekund;
- Test 2: dnevni cikel (od 7.9.2015 do 8.9.2015) s časovnim intervalom beleženja 113 sekund;
- Test 3: tedenski cikel (od 8.9.2015 do 15.9.2015) s časovnim intervalom beleženja 796 sekund.

Izvedba šestdnevnega in tedenskega cikla nam je dala celovit vpogled v spreminjanje temperatur med celotnim tednom, dnevni cikel pa glede na posamezne ure v dnevu. Na sliki 4.7a je v aplikaciji NFC3C prikazan izpis vseh štirih zapisovalnikov podatkov, ki smo jih namestili v skladišče podjetja Fonda.si d.o.o. S klikom na poljuben element v seznamu se nam odpre novo okno s podrobnejšimi informacijami, ki se nanašajo na izbran zapisovalnik podatkov. Kot primer so na sliki 4.7b prikazane podrobnosti o temperaturnem zapisovalniku nameščenem v hladilnici. Rdeča barva na semaforju nam takoj sporoča, da temperature v hladilnici niso bile ves čas znotraj dovoljenih meja. To še ne pomeni, da so se hranjene ribe pokvarile, zagotovo pa je bila potrebna natančnejša analiza. Poleg tega lahko vidimo še najvišjo (T_{max}), najnižjo (T_{min}), povprečno (T_{avg}) temperaturo v hladilnici ter del seznama shranjenih meritev.



(a) Seznam nameščenih zapisovalnikov.

(b) Hladilnica T.

Slika 4.7: Pregled meritev v podatkovni bazi z NFC3C.

Test 1:

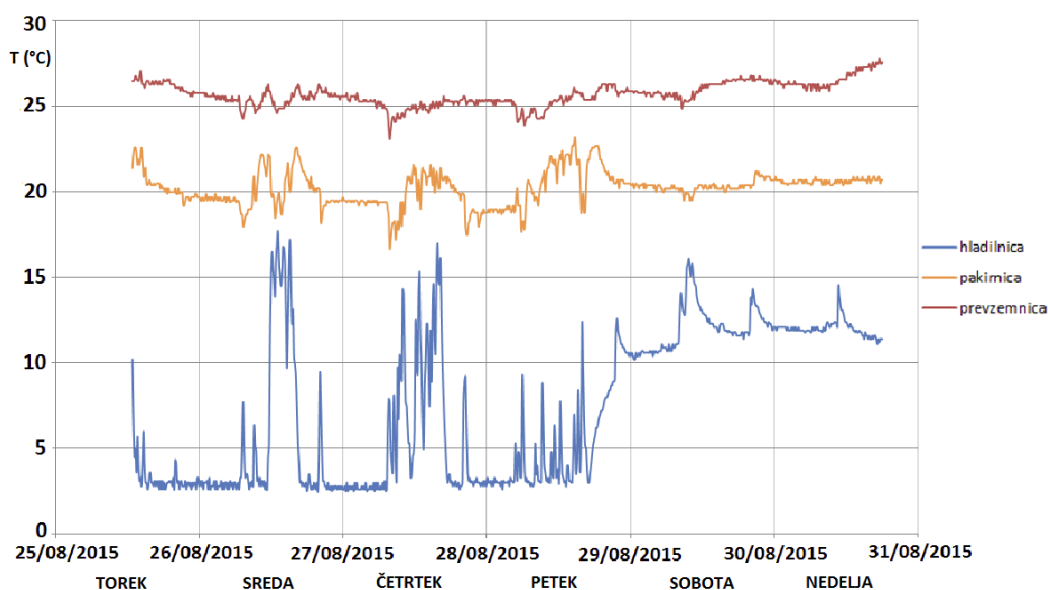
Slika 4.8 prikazuje graf s spreminjanjem temperatur za vse 3 prostore skladišča za šestdnevno obdobje (25.8.2015 - 30.8.2015). Najbolj zanimiva je analiza temperatur v hladilnici saj je tam prihajalo do največjih nihanj. Iz krivulje je razvidno, da se vsak dan pozno popoldan in čez noč temperature ne spreminjajo bistveno. Tedaj namreč ni nikogar v skladišču, zato so razmere ves čas enake. Manjše spremembe (dvig temperature) je zaznati vsako jutro, ko zaposleni pridejo na delo in odprejo vrata hladilnice.

Zanimiva je tudi povezava med spreminjanjem temperatur v hladilnici in pakirnici. Ob vsakem dvigu temperature v hladilnici se ta v pakirnici nekoliko zniža. Ta povezava je logična, saj sta to sosednja prostora. Vsakič, ko se odprejo vrata hladilnice vanjo vstopi toplejši zrak, v pakirnico pa hladnejši.

Potrebno je razložiti še zakaj so bile v zadnjih dveh dneh testiranja temperature v hladilnici precej višje kot sicer. Rezultati testa so pokazali, da je prišlo med izvajanjem nadzora do odpovedi hladilnega sistema v petek popoldne. Slednji tako ni več zagotavljal temperatur med 0°C in 4°C. Ta

dogodek je bil povsem naključen in nenačrtovan. Temperatura se je začela počasi dvigovati do približno 12°C in se tam ustalila oz. je naraščala do 15°C pri odpiranju vrat. Pogoji za shranjevanje rib so sicer postali neustrezni, vendar ker so bile ribe pokrite z ledom njihova kakovost ni bila ogrožena. Prišlo je samo do hitrejšega taljenja ledu, pri tem pa je temperatura rib še vedno v zahtevanih mejah. Ko so zaposleni ugotovili, da je prišlo do nepravilnega delovanja, so jih prestavili v pomožno hladilno komoro.

Ne preseneča, da so bile ves čas najvišje temperature v prevzemnici saj je vanjo skozi skladiščna vrata prihajal topel zrak od zunaj. Temperature so se gibale med 23°C in 28°C , kar je na meji dovoljenega in približno tako kot smo predvideli.

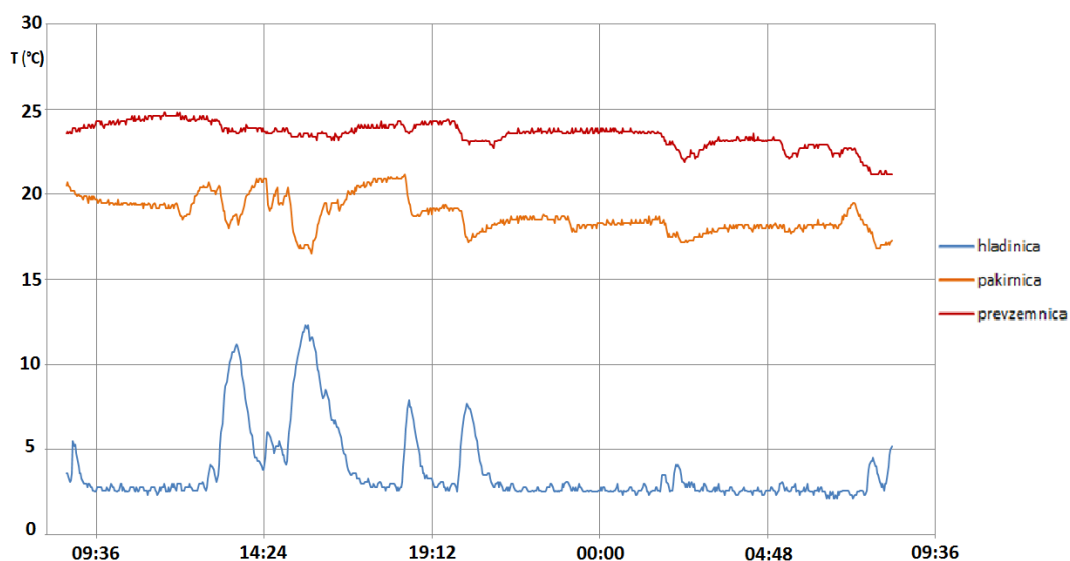


Slika 4.8: Šestdnevni cikel nadzora (Test 1).

Test 2:

Slika 4.9 prikazuje dnevni nadzor temperatur. Videti je, da pride do večjega in dolgotrajnejšega dviga temperature v popoldanskih urah. Takrat se v

hladilnici pripravljajo naročila in pakirajo ribe. V hladilnico se najprej shranijo sortirane ribe v večjih zabojih po 5 kilogramov. Neočiščene ribe ostanejo tam do izdaje. Če pa so stranke naročile očiščene ribe ali ribje fileje, potem jih je potrebno vzeti iz hladilnice, očistiti in ponovno shraniti nazaj v hladilnico. Pogosta so tudi naročila rib v manjših količinah, to pa zahteva ponovno odpiranje in zapiranje hladilnice. Vse to je povzročilo, da so se med tem temperature povzpele do slabih 13°C.

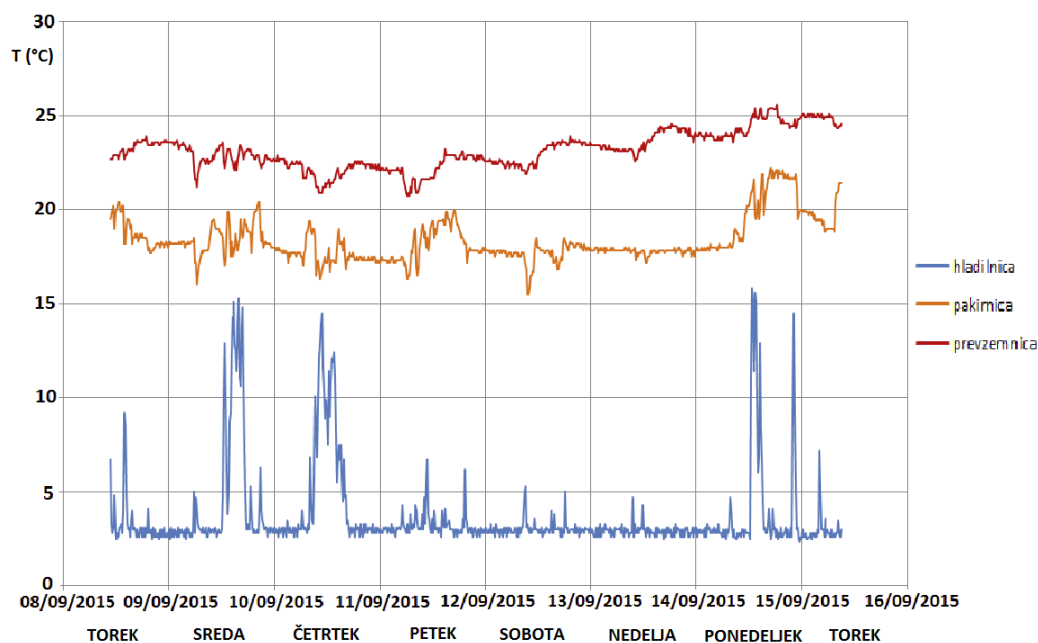


Slika 4.9: Dnevni cikel nadzora (7.9.2015 - 8.9.2015).

Test 3:

Izvedli smo še tedenski cikel nadzora. Rezultati so prikazani na sliki 4.10 in tudi tu je opaziti že prej opisane povezave med spreminjanji temperatur v posameznih prostorih. Lepo pa je razvidno tudi, da se temperature v hladilnici spreminjajo samo v delovnih dneh. V soboto in nedeljo se v skladišču ni delalo, zato ni prihajalo do velikih temperaturnih nihanj. Ta so bile sicer opazno nižja tudi že v petek. Razlog je ta, da se je do petka prodalo večino tedenskega ulova rib, v petek pa še manjši preostanek.

Vsi trije izvedeni testi so dali dober vpogled v delovanje razvite rešitve in v to kako delovni proces v skladišču ribogojnice vpliva na spreminjanje temperatur. Velike razlike med temperaturo hladilnice in ostalih prostorov pomeni hitro pretakanje toplega in hladnega zraka, ko so vrata odprta. Posledica so velike in nenadne spremembe temperatur na grafih. Manjša temperaturna nihanja pa so posledica natančnosti beleženja zapisovalnika SL13A ($\pm 0.5^\circ\text{C}$).



Slika 4.10: Tedenski cikel nadzora (Test 3).

Relativno vlažnost smo merili v hladilnici, kjer smo poleg zapisovalnika temperatur namestili še zapisovalnik podatkov SL13A z dodanim zunanjim senzorjem vlage EMD-4000. Rezultati izmerjenih vrednosti, ki smo jih dobili, so pokazali za približno 40% nižjo relativno vlažnost kot smo jo prišakovali v povezavi z izmerjenimi temperaturami in prisotnostjo ledu v hladilnici. Po naknadni analizi podatkov, SL13A čipa in senzorja smo ugotovili, da je prišlo do odpovedi delovanja in izmerjene vrednosti niso veljavne. Ker smo imeli na voljo en sam modul, nismo mogli nadaljevati z meritvami.

Poglavje 5

Sklepne ugotovitve

V diplomskem delu je predstavljena rešitev, ki omogoča nadzor temperatur in vlage na izbrani lokaciji. V ta namen je bila izdelana mobilna Android aplikacija, ki omogoča interakcijo z napravami NFC kot so pametne kartice in zapisovalniki podatkov. Slednji se uporabljajo za samodejno izvajanje meritev temperature in relativne vlage. Dodatno je bila implementirana tudi spletna aplikacija, katera je namenjena upravitelju celotnega sistema in analizi ter enostavnemu pregledu vseh shranjenih meritev v obliki seznama ali grafa.

Učinkovit nadzor hladne verige je lahko zamuden in zahteven proces, če se ga lotimo na neustrezen način. Z uporabo naprednih tehnologij, ki so predstavljene v diplomskem delu, se ga lahko precej poenostavi in izboljša. Tako postane izvajanje meritev samodejno in zaposleni z njim nimajo veliko dela. Še bolj pomembno pa je to, da je na voljo veliko število meritev. Z njihovim pregledom in analizo se lahko hitro ugotovi kvaliteta in rok trajanja hranjenih izdelkov.

Razvita rešitev se lahko uporablja na različnih lokacijah in panogah. Koristna je lahko tako v živilski predelovalni industriji, kot tudi na farmacevtskem področju oziroma povsod, kjer se zahteva nadzor temperature ali vlage. Še zlasti je primerna za skladišča, hladilnice, predelovalne obrate in tudi v procesu transporta. Rešitev sicer izpolnjuje zastavljene cilje, vendar bi jo

bilo mogoče še nadgraditi oziroma prilagoditi zahtevam uporabnikov:

- Za merjenje vlage nismo uspeli pridobiti novega modula SL13A s katerim bi lahko preverili dejanske meritve v hladilnici. Glede na pridobljene rezultate v fazi testiranja pa bi bilo potrebno poiskati ustreznejši senzor in ga vključiti v zapisovalnik podatkov za izračun relativne vlage. Modul SL13A s senzorjem EMD-4000, ki smo ga uporabili, je služil za prikaz delovanja mobilne aplikacije, saj njegove meritve niso bile veljavne. Poleg tega za izračun vlage zahteva tudi podatke o temperaturi (te pa je potrebno zajeti ločeno). Zato bi bilo bolj primerno, da bi se izdelal zapisovalnik, ki bi omogočal istočasno merjenje tako vlage kot tudi temperature.
- Uporabniki prijavljeni v mobilno aplikacijo NFC3C bi lahko imeli različne vloge, ki bi jim nato dovolile ali onemogočile uporabo posameznih funkcionalnosti aplikacije. Uporabniki z najvišjimi pravicami bi lahko uporabljali vse funkcionalnosti aplikacije, ostali pa bi imeli omogočen zgolj pregled shranjenih meritev, ne pa tudi njihovo shranjevanje ali brisanje.
- Smiselno bi bilo uporabiti funkcionalnost zaklepanja ukazov zapisovalnika SL13A. To pomeni, da bi bilo za izvedbo kateregakoli ukaza SL13A potrebno posredovati ustrezno geslo. Na ta način bi se preprečilo možnost komunikacije z drugimi aplikacijami ali čitalci, kateri podpirajo standard ISO-15693. S slednjimi bi se lahko namreč brisalo meritve ali spreminjalo nastavitve SL13A in na ta način pokvarilo delovanje. Z nastavljenim geslom bi bilo mogoče spreminjanje nastavitev in zapisovanje rezultatov samo z aplikacijo NFC3C.

Literatura

- [1] Vedat Coskun, Kerem Ok, Busra Ozdenizci. Professional NFC Application Development for Android. John Wiley & Sons, 2013.
- [2] Klaus Finkenzeller. RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication, Third Edition. John Wiley & Sons, 2010.
- [3] Reto Meier. Professional Android 4 Application Development. John Wiley & Sons, 2012.
- [4] Sara Mortimore and Carol Wallace. HACCP: A Practical Approach. Springer Science & Business Media, 2013.
- [5] Luis Ruiz Garcia and Loredana Lunadei. Monitoring cold chain logistics by means of RFID. In-Tech, 2010.
- [6] Steven Shepard. RFID: radio frequency identification. McGraw-Hill New York, 2005.
- [7] John A Stankovic. Wireless sensor networks. IEEE Computer, 41(10):92-95, 2008.
- [8] Patrick J Sweeney et al. RFID for Dummies. John Wiley & Sons, 2010.
- [9] Roberto Verdone, Davide Dardari, Gianluca Mazzini, Andrea Conti. Wireless sensor and actuator networks: technologies, analysis and design. Academic Press, 2010.

-
- [10] Mira Trebar, Metka Lotrič, Irena Fonda, Anton Pleteršek, and Kosta Kovačič. Rfid data loggers in fish supply chain traceability. *International Journal of Antennas and Propagation*, 2013, 2013.
- [11] Digitalni termometer. Dostopno na:
<http://warehousebuildings.blogspot.com/2011/05/termometer-digital.html>
- [12] Dyzle Cold Chain Monitoring. Dostopno na:
<https://dyzle.wordpress.com/2014/08/14/a-buyers-guide-to-cold-chain-temperature-monitoring-systems/>
- [13] EPC. Dostopno na: <http://www.epc-rfid.info/>
- [14] Fonda. Dostopno na: <http://www.fonda.si/>
- [15] Global Cold Chain Alliance. Dostopno na:
<http://www.gcca.org/about-us/the-cold-chain/>
- [16] GS1. Dostopno na: <http://www.gs1.org/standards>
- [17] GS1 Slovenija. Dostopno na:
<http://www.gs1si.org/1/standardi-in-resitve/gs1-epcrfid.aspx>
- [18] GS1 standard. Dostopno na:
http://www.gs1.org/sites/default/files/docs/epc/TDS_1.9_Standard.pdf
- [19] HACCP Questions and Answers. Dostopno na:
<http://haccpalliance.org/alliance/haccpqa.html>
- [20] iMonnit Basic. Dostopno na:
<http://www.monnit.com/products/Software/iMonnit-Basic>
- [21] Impinj čitalec in antene RFID. Dostopno na:
<http://www.impinj.com/products/readers/speedway-revolution/>
- [22] LG Nexus 4. Dostopno na: <http://www.lg.com/uk/mobile-phones/lg-E960-nexus-4-by-lg/technical-specifications>
- [23] Ministrstvo za zdravje. Dostopno na:
http://www.mz.gov.si/fileadmin/mz.gov.si/pageuploads/mz_dokumenti/

zakonodaja/varnost_hrane/splosno-
varnost_hrane/brosura_HACCP_2008_lowres.pdf

- [24] Monnit. Dostopno na:
<http://www.monnit.com/solutions/cold-chain-temperature-monitoring>
- [25] Podatkovni list pametne kartice SL2 ICS20. Dostopno na:
<http://www.datasheetarchive.com/dlmain/Datasheets-NXP/DSANXP01000589.pdf>
- [26] Podatkovni list senzorja EMD-4000. Dostopno na:
http://veronics.com/products/Relative_humidity-sensors/emd_4000.pdf
- [27] Podatkovni list SL13A. Dostopno na:
http://www.mouser.com/ds/2/588/AMS_SL13A_Datasheet_EN_v4-371531.pdf
- [28] Razlike med NFC in RFID. Dostopno na:
http://rapidnfc.com/blog/72/the_difference_between_nfc_and_rfid_explained
- [29] RFID Journal - About that problem with metal and water. Dostopno na:
<http://www.rfidjournal.com/articles/pdf?9841>
- [30] Splošne informacije o NFC. Dostopno na:
<http://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/>
- [31] Tecnosoft. Dostopno na: http://www.tecnosoft.eu/?lang=_eng
- [32] Zigbee. Dostopno na: <https://docs.zigbee.org/zigbee-docs/dcn/07/docs-07-5219-02-0mcg-zigbee-and-wireless-radio-frequency-coexistence.pdf>
- [33] WAMP. Dostopno na: <http://www.wampserver.com/en/>
- [34] WSN. Dostopno na: <http://www.edn.com/design/communications-networking/4397929/1/Wireless-Sensor-Networks-The-basics-Part-I>